



TUGAS AKHIR - MO 141326

PERMODELAN SEDIMEN TRANSPOR DAN MORFOLOGI PERAIRAN UJUNG PANGKAH

FARA NIHAYATUL HUSNA

NRP. 04311440000121

Dosen Pembimbing :

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



FINAL PROJECT - MO 141326

SEDIMEN TRANSPORT AND MORPHOLOGY MODELING ON UJUNG PANGKAH

FARA NIHAYATUL HUSNA

NRP. 04311440000121

Supervisor :

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institut of Technology

Surabaya

2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERMODELAN SEDIMEN TRANSPOR DAN MORFOLOGI PERAIRAN UJUNG PANGKAH

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Fara Nihayatul Husna
NRP. 04311440000121

Disetujui Oleh :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.


..... (Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc


..... (Pembimbing 2)

3. Dr. Eng., M Zikra., S.T., M.Sc.


..... (Penguji 1)

4. Drs. M. Musta'in, M.Sc., Ph.D.


..... (Penguji 2)

5. Dr. Eng., Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.


..... (Penguji 3)

Surabaya, Mei 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERMODELAN SEDIMEN TRANSPOR DAN MORFOLOGI PERAIRAN UJUNG PANGKAH

Nama Mahasiswa : Fara Nihayatul Husna
NRP : 0431144000121
Departemen : Teknik Kelautan FTK ITS
Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

ABSTRAK

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa. Sungai ini mempunyai dua hulu sungai dari Pegunungan Sewu, Wonogiri dan Ponorogo selanjutnya bermuara di kecamatan Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur. Daerah muara di wilayah Perairan Ujung Pangkah ini didominasi oleh areal tambak dan hutan bakau yang memiliki kerentanan terhadap perubahan lahan akibat sedimen transpor yang dibawa oleh aliran Sungai Bengawan Solo. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui sedimen transpor dan perubahan morfologi perairan Ujung Pangkah yang diakibatkan oleh arus pasang surut, gelombang, serta debit Sungai Bengawan Solo. Dalam permodelannya digunakan bantuan *software* Delft3D yang dikembangkan oleh Deltares. Proses simulasi yang dilakukan berupa arus, gelombang dan sedimen dengan luas lokasi permodelan sekitar 11 x 8,5 km pada bulan Juni 2017. Hasil yang didapatkan dari simulasi pada area penelitian yaitu beberapa area terjadi sedimentasi, dengan laju sedimen terbesar 267.831 m³/bulan pada luas area 342.383 m². Terjadinya sedimentasi ini disebabkan karena butiran sedimen yang terangkut oleh arus menuju ke muara sungai. Selain itu perairan ujung pangkah mengalami perubahan morfologi dasar yang didominasi karena adanya sedimentasi di beberapa area terutama di percabangan sungai, area barat dan utara Ujung Pangkah.

Kata Kunci : Delft3D, Morfologi, Sedimen Transpor, Ujung Pangkah

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SEDIMEN TRANSPORT AND MORPHOLOGY MODELING ON UJUNG PANGKAH

Student Name : Fara Nihayatul Husna
Reg. : 0431144000121
Department : Ocean Engineering FTK ITS
Supervisor : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

ABSTRACT

Bengawan Solo River is the longest river in Java Island. This river has two upstream rivers from the Sewu Mountains, Wonogiri Mountains and Ponorogo Mountains. The river bengawan solo has an estuary in Ujung Pangkah sub-district, Gresik, East Java. The estuary in Ujung Pangkah waters is dominated by fishpond and mangrove areas that have vulnerability to land conversion due to sediment transport carried by the flow of Bengawan Solo River. The purpose of This Final Project is to know the sediment transport and morphological changes in Ujung Pangkah waters caused by tidal flows, waves, and discharge from Bengawan Solo River. The modeling of Ujung Pangkah waters using Delft3D software developed by Deltares. The simulation process consisted of currents, waves and sediments with a modeling area of approximately 11 x 8.5 km in June 2017. The simulation results in the area of research is the rate of sediment transport in some areas, with the largest sediment rate of 267,831 m³/month in the area of 342,383 m².. This is because the grains of sediment transported by the current to the mouth of the river. In addition, the morphology of Ujung Pangkah waters change because sedimentation dominates in some areas, especially in river branching, west and north Ujung Pangkah areas.

Keywords: Delft3D, Morphology, Sediment Transport, Ujung Pangkah

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Permodelan Sedimen Transpor dan Morfologi Perairan Ujung Pangkah” dengan tepat waktu. Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik beserta saran dari semua pihak untuk perbaikan diharapkan dan akan diterima sebagai penyempurnaan laporan ini ke depannya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat

Surabaya, Mei 2018

Penyusun

Fara Nihayatul Husna

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung, serta mendoakan agar terselesaikannya Tugas Akhir ini :

1. Orang tua dan keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan secara material maupun spiritual.
2. Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing pertama yang memberikan bimbingan dan pengarahan.
3. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing dua sekaligus Dosen Wali penulis yang telah memberikan banyak arahan dan pembelajaran.
4. Bapak Dr. Eng., M Zikra., S.T., M.Sc, Bapak Drs. M. Musta'in, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng., Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Penguji yang memberikan masukan untuk penyempurnaan pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Karyawan Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan ITS atas bantuan dan administrasi yang diberikan kepada penulis.
6. Teman – teman mahasiswa Teknik Kelautan ITS, Maelstrom, yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Pihak – pihak lain yang telah banyak membantu, mendorong, serta mendukung supaya Tugas Akhir terselesaikan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Arus	9
2.2.2 Pasang Surut	10
2.2.3 Angin.....	13
2.2.4 Gelombang.....	14
2.2.5 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin.....	15
2.2.6 Sedimentasi dan Properti Sedimen.....	18
2.2.7 Mekanisme Transpor Sedimen.....	22
2.2.8 Pantai Berlumpur dan Morfologi Muara Sungai	24
2.2.9 Program Delf3D.....	26
2.2.10 Metode Validasi.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2 Prosedur Penelitian.....	30
BAB IV.....	32
ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Lokasi Penelitian.....	33

4.2 Analisa Data	34
4.1.1 Data Batimetri	34
4.1.2 Data Pasang Surut	36
4.1.3 Data Angin dan Gelombang	37
4.1.4 Data Sedimen	39
4.1.5 Data Konsentrasi Sedimen	40
4.3 Permodelan Delft3D	40
4.2.1 Pembuatan Grid	40
4.2.2 Memodelkan Data Kedalaman	41
4.2.3 Kondisi Batas	42
4.2.4 Memasukkan Parameter	43
4.4 Validasi Permodelan	44
4.4.1 Validasi Pasang Surut	44
4.4.2 Kalibrasi Sedimen	45
4.5 Hasil Simulasi Permodelan Arus dan Gelombang Perairan Ujung Pangkah	46
4.6 Hasil Simulasi Permodelan Sedimen Transpor Perairan Ujung Pangkah	48
4.7 Hasil Simulasi Permodelan Morfologi Perairan Ujung Pangkah	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Indonesia	1
Gambar 1. 2 Peta Kecamatan Ujung Pangkah	2
Gambar 1. 3 Peta Jalur Pelayaran Dekat Ujung Pangkah	3
Gambar 2. 1 Pengendapan Sedimen di Perairan Tenang	22
Gambar 2. 2 Perbedaan Mode Sedimen Transpor	23
Gambar 2. 3 Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat (SPM, 1984)	16
Gambar 2. 4 Tampilan <i>Software</i> Delft3D	26
Gambar 2. 5 <i>System Architecture</i> Delft3D	27
Gambar 3. 2 Metodologi Penelitian	29
Gambar 4. 1 Titik Pengamatan	33
Gambar 4. 2 Peta Batimetri Ujung Pangkah	34
Gambar 4. 3 Grafik Pasang Surut Muara Ujung Pangkah 8 – 22 Juni 2017	36
Gambar 4. 4 <i>Wind Rose</i> Perairan Ujung Pangkah 2016-2017	38
Gambar 4. 5 <i>Grid</i> Ujung Pangkah	41
Gambar 4. 6 Nilai Kedalaman Ujung Pangkah	42
Gambar 4. 7 Grafik Validasi Pasang Surut	45
Gambar 4. 8 Lokasi Titik Konsentrasi Sedimen	46
Gambar 4. 9 Vektor Kecepatan Arus Pada Saat Akan Pasang	47
Gambar 4. 10 Vektor Kecepatan Arus Pada Saat Akan Surut	47
Gambar 4. 11 Kumulatif Sedimentasi dan Erosi Beserta Pembagian Area	48
Gambar 4. 13 Kondisi Awal Kedalaman pada Model	50
Gambar 4. 14 Kondisi Akhir Kedalaman pada Model	51
Gambar 4. 15 Lokasi <i>Cross Section</i>	52
Gambar 4. 16 Kumulatif Total Transpor Sedimen pada <i>Cross Section</i> 1 Hingga <i>Cross Section</i> 4	52
Gambar 4. 17 Kumulatif Total Transpor Sedimen pada <i>Cross Section</i> 5 Hingga <i>Cross Section</i> 12	53

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Pasang Surut	12
Tabel 2. 2 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen.....	20
Tabel 2. 3 Nilai MAPE sebagai Tingkat Akurasi	28
Tabel 4. 1 Koordinat Titik Pengamatan.....	34
Tabel 4. 2 Konstanta Harmonik Pasang Surut Muara Ujung Pangkah.....	37
Tabel 4. 3 Distribusi Kejadian Angin Tahun 2016 - 2017	38
Tabel 4. 4 Nilai Tinggi Gelombang Signifikan dan Periodenya	39
Tabel 4. 5 Data Persentase Jenis Tanah.....	39
Tabel 4. 6 Parameter Kualitas Air di Kecamatan Ujung Pangkah	40
Tabel 4. 7 Perbandingan Konsentrasi Sedimen	45
Tabel 4. 8 Volume dan Laju Sedimentasi Perairan Ujung Pangkah/bulan	49

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A LOKASI STUDI

LAMPIRAN B ELEVASI PASANG SURUT PENGUKURAN

LAMPIRAN C DIAGRAM ALIR PERMODELAN DELF3D

LAMPIRAN D PERHITUNGAN VALIDASI PASANG SURUT

LAMPIRAN E FILE LAPORAN SIMULASI DELF3D

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah 1.913.578 km² dengan banyak pulau 17.504 (BPS, 2017). Tak heran dengan banyaknya pulau di miliki Indonesia akan timbul berbagai permasalahan di daerah pesisir maupun perairan yang harus ditangani. Arti dari pesisir sendiri adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti, pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut (Triatmojo, 1999).



Gambar 1. 1 Peta Indonesia
(Sumber : Google Earth, 2018)

Kecamatan Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur merupakan daerah perairan tempat bermuaranya Sungai Bengawan Solo yang mempunyai dua hulu sungai dari Pegunungan Sewu, Wonogiri dan Ponorogo. Berdasarkan hasil interpretasi oleh LAPAN menggunakan data dari tahun 2010 hingga 2015, disebutkan bahwa area kecamatan ujung pangkah mengalami penambahan lahan/daratan karena laju sedimentasi yang tinggi. Di salah satu sisi kecamatan ujung pangkah saja telah mengalami sedimentasi dengan pertambahan luasan 3,18 km² yang sudah menjadi daratan. Sedimentasi yang terjadi di Ujung Pangkah merupakan akibat dari adanya akumulasi sedimen yang membentuk daratan. (Anggraini, 2015)

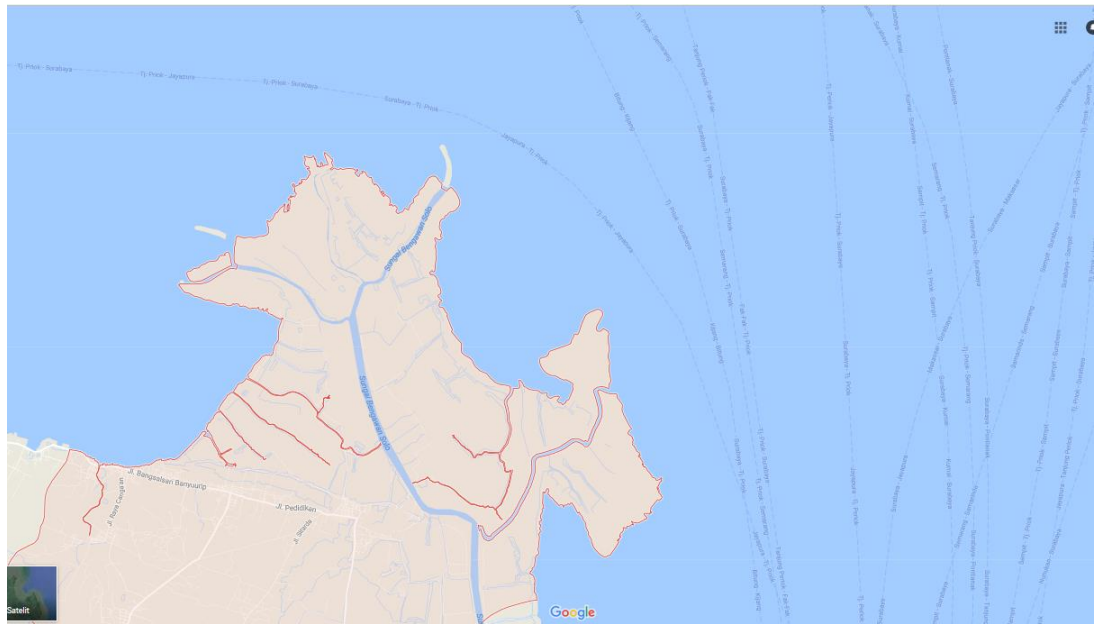


Gambar 1. 2 Peta Kecamatan Ujung Pangkah
(Sumber : Google Maps, 2018)

Ujung Pangkah merupakan daerah yang mempunyai kerentanan terhadap perubahan kondisi lahan. Selain terjadi akresi/sedimentasi pada wilayah barat dan timur, pada wilayah utara Ujung Pangkah terjadi proses abrasi (Ayutyas, 2016). Berdasarkan geomorfologi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah dipengaruhi oleh Sungai Bengawan Solo. Dalam kurun waktu 10 tahun, Ujung Pangkah mengalami akresi akibat adanya sedimentasi sebesar 411,38 Ha dan penambahan hutan seluas 722,7 Ha (Prasetyo, 2017). Salah satu dampak positif dari adanya laju sedimentasi yang tinggi yaitu bertambahnya lahan baru yang dapat digunakan masyarakat untuk budidaya tambak, pertanian, atau mengembangkan potensi lainnya dari adanya sedimentasi seperti pariwisata yang membutuhkan perairan dangkal.

Selain bertambahnya lahan baru, beberapa kerugian akibat adanya sedimentasi yaitu dapat mengganggu aktivitas pelayaran. Di bagian perairan utara dan timur dari kecamatan ujung pangkah merupakan jalur pelayaran yang dilewati kapal dari maupun ke Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Terjadinya sedimentasi akan mengganggu alur dari navigasi pelayaran karena perairan yang semakin dangkal sehingga kapal akan susah untuk lewat.

Wahyuni (2014) menganalisis laju volume sedimentasi di alur pelayaran barat Surabaya (APBS). Dalam penelitiannya menyatakan bahwa alur pelayaran memerlukan upaya pengerukan untuk menjaga keefektifan alur pelayaran dengan periode tertentu di setiap titik penelitian. Perlunya pengerukan ini dikarenakan karena wilayah APBS merupakan muara dari sungai Bengawan Solo dan Sungai Kalimas yang membawa angkutan sedimen yang besar.



Gambar 1. 3 Peta Jalur Pelayaran Dekat Ujung Pangkah
(Sumber : Google Maps, 2018)

Selain itu sedimentasi dapat menyebabkan meningkatnya kemungkinan banjir, karena air tidak dapat mengalir dengan baik. Perubahan atau hilangnya suatu habitat dalam ekosistem juga disebabkan karena sedimentasi. Seperti hilangnya habitat biota – biota di laut dangkal, padahal biota tersebut sebagai sumber makanan bagi ikan di laut. Berkurangnya sumber makanan ikan, akan berimbang dengan jumlah ikan yang ditangkap oleh nelayan (Purwandani, 2017). Tingkat Sedimentasi yang tinggi yang tinggi di Ujung Pangkah mengakibatkan proses fotosintesis terumbu karang terganggu sehingga kondisi karang rusak parah. (Rudianto, 2014)

Adanya berbagai permasalahan di perairan Ujung pangkah merupakan akibat dari terbawanya sedimen dari maupun ke arah muara sungai Bengawan

solo. Sebaran sedimen tersuspensi yang ada di muara Sungai Bengawan solo dipengaruhi oleh adanya arus pasang surut dan pengaruh debit sungai dengan konsentrasi sedimen tersuspensi terbesar berasal dari daratan (Banjarnahor, 2016). Prediksi sedimen transpor dibutuhkan untuk mengetahui jumlah sedimen dan pengaruh apa saja yang akan ditimbulkan ke depannya. Untuk itu dalam penelitian tugas akhir ini akan dibahas mengenai laju sedimen transpor dan perubahan morfologi di perairan ujung pangkah dengan faktor penyebab sedimentasi karena aliran sungai bengawan solo maupun karena karakteristik arus dan gelombang yang mengenai Perairan Ujung Pangkah.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana laju sedimen transpor di Perairan Ujung Pangkah akibat aliran Sungai Bengawan Solo?
2. Bagaimana perubahan morfologi akibat sedimentasi di Perairan Ujung Pangkah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui laju sedimen transpor di Perairan Ujung Pangkah akibat aliran Sungai Bengawan Solo
2. Mengetahui perubahan morfologi di kawasan perairan ujung pangkah akibat sedimentasi dan abrasi

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai bahan pertimbangan atau referensi penelitian selanjutnya. Serta dapat menjadi bahan pertimbangan pemerintah Kota Gresik ataupun pihak lain pengelolaan dan penanganan sedimentasi di kecamatan Ujung Pangkah.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Daerah yang di tinjau hanya pada sebagian perairan kecamatan ujung pangkah yaitu pada koordinat 6,83° LS sampai 6,87° LS dan 112,51° BT sampai 112,58° BT
2. Permodelan laju sedimentasi dan perubahan morfologi perairan hanya di lakukan menggunakan perangkat lunak Delft3D
3. Permodelan yang dilakukan secara dua dimensi
4. Analisis yang ditinjau hanya mempertimbangkan pengaruh pasang surut dan gelombang
5. Debit sungai dimasukkan hanya pada bagian hulu secara konstan
6. Simulasi hidrodinamika dan transpor sedimen dilakukan selama 15 hari
7. Validasi permodelan yang dilakukan hanya menggunakan data pasang surut

1.6 Sistematika Penulisan

Secara sistematis tahapan yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan

Penggambaran umum sebagai pengantar dalam memasuki pembahasan selanjutnya. Gambaran umum ini meliputi : latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Dalam bab dua akan dijelaskan tinjauan pustaka berisikan gambaran tentang sedimentasi serta perubahan morfologi sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan penelitian dan permodelan sedimentasi.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Berisi mengenai alur kerja penelitian serta data – data yang dibutuhkan dan penjelasan mengenai cara melakukan permodelan.

4. BAB IV Analisa Hasil dan Pembahasan

Berisikan hasil permodelan terhadap data – data yang telah didapatkan dengan bantuan *software*, kemudian dilakukan perbandingan hasil pengamatan dengan permodelan serta dilakukan analisa dari hasil *output* permodelan.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Berupa kesimpulan dari hasil analisa dari penelitian tugas akhir serta berisi saran – saran mengenai hambatan yang di alami penulis untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Ujung pangkah merupakan satu kecamatan di Gresik yang menjadi muara aliran dari sungai Bengawan Solo yang rentan mengalami perubahan garis pantai. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2017) memperoleh hasil bahwa Kecamatan Ujung Pangkah telah terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan. Penyebab berubahnya garis pantai ini dikarenakan abrasi dan berkurangnya lahan untuk tumbuhan bakau di sempadan pantai yang dijadikan area tambak oleh masyarakat sekitar. Selain abrasi terjadi pula akresi karena akumulasi sedimentasi yang menjadi daratan. Sedimentasi maupun abrasi tentunya menyebabkan perubahan morfologi dasar perairan.

Pada daerah muara sungai dengan gaya pasang surut dan suplai aliran sungai yang lambat akan mengakumulasi sedimen halus ke muara. Sedimen yang terakumulasi semakin lama semakin menumpuk dan menjadi daratan. Proses penumpukan sedimen dapat berlangsung lama maupun cepat tergantung dengan aliran. Aliran massa air yang masuk ke estuari berasal dari pasang surut dan *discharge* dari daratan. Besar dari aliran ini menentukan morfologi dari estuari (Sulaiman, 2004). Terjadinya penumpukan sedimen ini menjadikan perubahan profil morfologi dasar. Profil morfologi dari perairan bergantung pada ukuran butiran sedimen, gelombang, arus dan pasang surut (liu, 2001).

Beberapa penelitian tentang sedimentasi telah banyak dilakukan, Cenne (2016) dalam tugas akhirnya melakukan studi tentang sedimentasi di area muara sungai Pantai Jeneberang. Akibat dari adanya angkutan sedimen dari sungai mengakibatkan pengendapan yang besar sehingga fungsi sungai tidak lagi optimal. Selain itu angkutan sedimen yang terbawa ke pantai mempengaruhi perubahan morfologi di daerah tersebut. Selain sedimentasi, laju sedimen dan morfologi pantai juga dipengaruhi oleh proses pantai. Azzahra (2015) Menganalisis pola arus dan sedimentasi di daerah muara

Sungai Kali Buntung, Tambak Oso, Surabaya. Dalam simulasinya menggunakan skenario pasang surut, debit sungai, dan angin sebagai pembangkit. Hasil yang didapatkan pola arus di muara kali buntung dipengaruhi oleh pasang surut daerah di depan mulut muara dan badan sungai mengalami sedimentasi. Wibowo (2009) dalam penelitiannya memodelkan aliran Sungai Kalimas untuk mengetahui asal dan distribusi sedimen serta pengaruh pembangunan struktur penahan sedimen di area hulu terhadap aliran sepanjang hilir sungai kali mas. Hasil yang simulasi menggunakan *software finite difference* menunjukkan bahwa mayoritas sedimen berasal dari hulu sungai yang didasarkan dari dominasi arus surut dan arus pasang.

Penelitian tentang permodelan perubahan morfologi perairan estuari Sungai Wonokromo, Surabaya. Pada daerah muara Sungai Wonokromo sering terjadi sedimentasi maupun erosi pada dasar perairan. Untuk mengetahui perubahan morfologi dasar perairan dan mengetahui pola arus maka dilakukan permodelan menggunakan *software Mike21* (Putra, 2016).

Laju sedimentasi sangat berperan penting dalam perubahan morfologi perairan. Namun, topografi dari pantai yang tidak teratur mengakibatkan kerumitan dalam memodelkan aliran dan sedimen transpor (Fredsoe, 1992). Salah satu cara untuk mempermudah dalam permodelan dapat digunakan bantuan *software Delft3D*.. Seperti penelitian yang telah dilakukan Kurniawan (2016) menggunakan program Delf3D-Flow pada area *jetty* BP Tangguh yang menghasilkan laju sedimentasi dan mengetahui jangka pengerukan di sekitar *jetty*.

Dari beberapa hasil tinjauan di atas, penulis akan melakukan penelitian yaitu permodelan sedimen transpor dan morfologi perairan ujung pangkah dengan menggunakan bantuan *software Delft3D*. penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju sedimentasi dan perubahan morfologi yang berada di Ujung Pangkah baik karena pasang surut, gelombang maupun karena adanya aliran dari Sungai Bengawan Solo.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus

Arus merupakan suatu gerakan massa air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang disebabkan oleh tiupan angin atau pergerakan dari pasang surut air laut (Nontji, 1993). Pond dan pickard (1993) mengelompokkan pengaruh terjadinya arus menjadi tiga yaitu :

1. Angin : arus yang terjadi karena faktor angin akan mempunyai kecepatan yang berbeda- beda sesuai kedalamannya.
2. Arus Pasang Surut : disebabkan oleh adanya gaya Tarik menarik antara bumi dan benda – benda di angkasa. Gerakan arus pasang surut terjadi secara horizontal.
3. Turbulensi : gerakan pada lapisan batas air dan terjadi karena adanya gaya gesek antar lapisan tersebut,

Gelombang yang menjalar menuju ke arah pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Adanya transpor massa dan momentum akan menimbulkan arus di dekat pantai. Pada suatu pantai dapat terjadi sirkulasi sel tergantung dengan topografi daerahnya. Komponen sirkulasi sel adalah transpor massa air ke arah darat yang terjadi sewaktu gelombang pecah, arus sejajar garis pantai dan *rip current*. *Rip current* inilah yang menyebabkan terbawanya sedimen pantai. Sedimen yang terangkut ini disebut dengan transpor sedimen sepanjang pantai (Triatmojo, 1999).

Menurut Sulaiman (2004), di zona surf arus digolongkan menjadi 3 jenis yang mempengaruhi dinamika pantai :

- a. Arus balik dasar (*bed return currents*), biasanya sering disebut dengan arus yang tegak lurus pantai (*cross shore currents*)
- b. Arus sejajar pantai (*longshore currents*), arus ini menyebabkan transpor sedimen dengan arah sejajar pantai. Sehingga apabila arus ini mendominasi suatu kawasan maka akan membentuk morfologi pantai lurus

- c. Arus sirkulasi sel, yaitu kombinasi antara arus sejajar pantai dan tegak lurus pantai. Sistem arus ini membentuk sirkulasi arus yang sering disebut sirkulasi sel

2.2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik dari benda di langit, terutama adanya gaya tarik oleh matahari dan bulan yang mempengaruhi massa air laut di bumi. Terjadinya pasang surut juga dipengaruhi oleh pasang surut yang masuk ke estuari, sehingga arus pasang surut yang terjadi tergantung dengan kedalaman perairan (pola batimetri), morfologi muara sungai, sifat sedimen dasar, kekuatan pengaduk (*mixing*) dan lain sebagainya. Asumsi pasang surut yang merupakan gelombang panjang yang menjalar di perairan dangkal. Kondisi ini menyatakan panjang gelombang jauh lebih besar dibandingkan dengan kedalaman perairan, sehingga gerakan dari partikel air seolah hanya terjadi ke arah horizontal. Gerakan partikel air secara horizontal inilah yang disebut sebagai pasang surut (Sulaiman, 2004)

Secara umum pasang surut dapat dibedakan dalam empat tipe yaitu pasang surut harian tunggal, harian ganda dan dua jenis campuran (Triatmojo, 1999).

1. Pasang surut harian tunggal (*semi diurnal tide*), yaitu pasang surut yang dalam satu harinya mengalir dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan terjadi secara beruntun atau teratur.
2. Pasang surut harian ganda (*diurnal tide*), terjadi apabila dalam satu hari terdapat satu kali air pasang dan satu kali air surut saja, periode pasang surut harian ganda adalah 24 jam 50 menit.
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*), dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan satu kali air surut, namun memiliki tinggi dan periode yang berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), tipe ini terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang – kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode gelombang yang sangat berbeda.

Elevasi muka air laut mengalami perubahan setiap saat, di bawah ini merupakan beberapa elevasi yang ditetapkan berdasarkan oleh pasang surut :

- a. Muka air laut tinggi (*high water level*, HWL), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (*low water spring*, LWS), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut
- c. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), rerata dari muka air tinggi dalam periode 19 tahun
- d. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), rerata dari muka air rendah dalam periode 19 tahun
- e. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL) muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini sebagai acuan elevasi daratan
- f. Muka air tertinggi (*highest high water level*, HHWL), merupakan air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati
- g. Air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL), air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Adapun pengelompokan komponen pasang surut menurut Poenbandono dan Djunarsyah (2005) dikelompokkan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 1 Komponen Pasang Surut

Spesies	Komponen	Periode (Jam)	Fenomena
Semi Diurnal	M_2	12.45	Gravitasi bulan sejajar dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	S_2	12.00	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	N_2	12.66	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
	K_2	11.97	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
Diurnal	K_1	32.93	Deklinasi sistem bulan dan matahari
	O_1	25.82	Deklinasi bulan
	P_1	21.07	Deklinasi matahari
Periode Panjang	M_r	327.86	Variasi setengah bulan
	M_m	661.30	Variasi bulanan
	S_{sa}	219.43	Variasi semi tahunan
Perairan Dangkal	$2SM_2$	11.61	Interaksi bulan dan matahari
	MNS_2	13.13	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak matahari akibat lintasan berbentuk elips
	MK_3	8.18	Interaksi bulan dengan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan berbentuk elips
	M_4	6.21	2x kecepatan sudut M_2
	M_{S4}	2.20	Interaksi M_2 dan S_2

Untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi di setiap daerah dapat digunakan persamaan Bilangan *Formzal* :

(2.12)

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Keterangan :

O_1 = Unsur pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik bulan

K_1 = Unsur pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik matahari

M_2 = Unsur pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik bulan

S_2 = Unsur pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik matahari

Tipe pasang surut berdasarkan nilai F yang diperoleh dari hasil perhitungan di atas dikelompokkan sebagai berikut :

- 0 – 0,25 = harian ganda (semi diurnal)
- 0,25 – 1,5 = campuran condong ke harian ganda
- 1,5 – 3,0 = campuran condong ke harian ganda
- > 3,0 = harian tunggal (diurnal)

2.2.3 Angin

Angin adalah sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Sirkulasi ini disebabkan karena perubahan temperatur atmosfer. Pada saat udara panas, rapat massa akan berkurang sehingga udara akan naik dan diganti oleh udara yang lebih dingin. Pengukuran angin dilakukan menggunakan anemometer. Satuan dari kecepatan angin biasanya dinyatakan dalam knot. 1 knot

adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh selama satu jam, $1 \text{ knot} = 1.852 \text{ km/jam}$. Dengan data angin yang dicatat setiap jamnya akan diketahui kecepatan angin, periode, dan arah angin. Jumlah data angin yang tahunan harus diolah dan disajikan dalam bentuk tabel, ataupun dengan diagram yang disebut mawar angin (*wind rose*). Dengan mawar angin, karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat. (Triatmojo, 2009)

Gelombang yang dibangkitkan oleh angin menyebabkan perubahan paling signifikan pada daerah pantai. Perubahan tersebut dikarenakan pasir yang dibawa dari lepas pantai ke daratan selama periode tertentu. (Sorensen, 2006)

2.2.4 Gelombang

Gelombang yang terjadi di laut dibedakan sesuai dengan gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut di antaranya yaitu gelombang yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan air laut. Gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya Tarik dari benda - benda langit terutama bulan dan matahari terhadap bumi. Gunung meletus dan gempa di laut yang membangkitkan terjadinya gelombang tsunami dan gelombang yang terjadi karena kapal yang bergerak dan sebagainya. Di dalam bidang teknik pantai gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan pasang surut sangat berpengaruh. Gelombang tersebut dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam agak tegak lurus maupun sejajar garis dengan garis pantai. Bentuk gelombang di alam sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang yang berada di alam. Di antaranya yaitu teori gelombang *airy*, *stoke*, *gersner*, *mich*, *knoidal*, dan tunggal. Beberapa teori tersebut mempunyai batasan perilaku yang berbeda - beda. (Triatmojo, 1999)

Gelombang mampu menyebabkan sedimen transpor ketika gelombang dapat menghasilkan arus (*surf zone*). Gelombang yang menuju ke pantai mengalami perubahan energi maupun arah rambat gelombang akibat perubahan kedalaman laut. Pada saat gerakan orbital partikel tidak seimbang terjadilah gelombang pecah. Gelombang yang pecah merupakan pelepasan energi yang dapat membawa sedimen menuju pantai. Ketika besar gravitasi lebih mendominasi membuat sedimen jatuh dan terakumulasi ke pantai. Kemudian secara alami persebaran sedimen merata mulai dari ukuran sedimen yang besar di area pantai sampai dengan ukuran sedimen kecil yang cenderung menuju ke laut.

2.2.5 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin

Energi akan dipindahkan dari kecepatan angin yang berembus di permukaan air laut ke dalam permukaan air, sehingga permukaan laut yang semula tenang akan terbentuk riak gelombang. Riak akan semakin menjadi besar apabila, kecepatan angin terus bertambah. Dan ketika angin berhembus terus – menerus akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan kuat kecepatan angin, maka akan semakin besar pula gelombang yang terbentuk (Triatmojo, 1999)

Untuk meramalkan gelombang, perlu diketahui parameter – parameter berikut :

1. Kecepatan rata – rata angin di permukaan air (U)
2. Arah Angin
3. Panjang daerah pembangkitan gelombang, angin mempunyai kecepatan dan arah konstan (*fetch*)
4. Lama hembus angin pada *fetch* (t)

Kecepatan angin

Pengukuran angin biasanya dilakukan di daratan, padahal pada rumus pembangkitan gelombang menggunakan data angin di atas permukaan air laut. Sehingga diperlukan transformasi dari data angin di darat ke data angin di atas permukaan angin laut. Hubungan antara angin

daratan dengan angin di atas laut terlihat pada gambar 2.1 (SPM,1984). Hubungan antara angin darat dan laut diberikan persamaan sebagai berikut :

$$R_L = U_w / U_L \quad (2.3)$$

Keterangan :

R_L = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

U_w = kecepatan angin di laut (m/d)

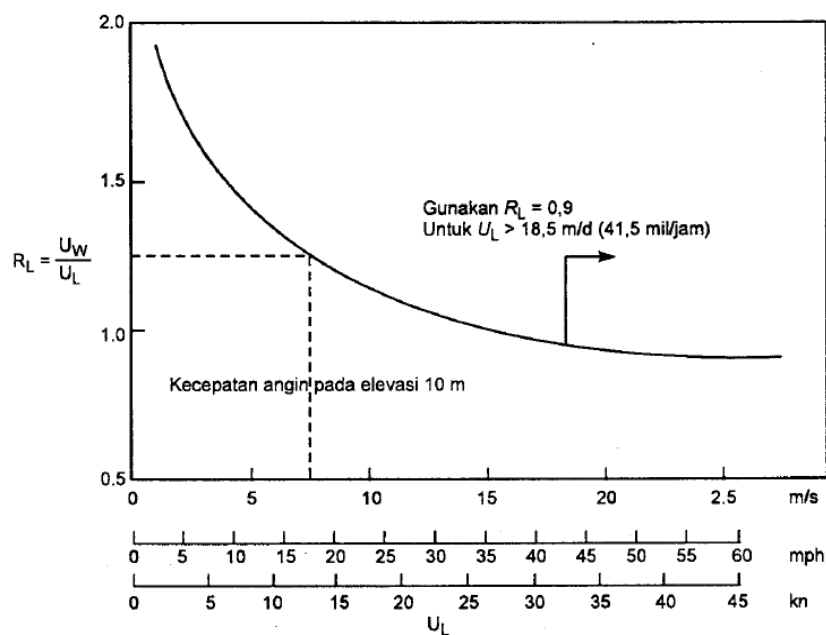
U_L = Kecepatan angin di atas daratan (m)

Rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A (faktor tegangan angin yang dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan konversi menggunakan grafik pada Gambar 2. 1, selanjutnya kecepatan angin dikonversikan ke dalam faktor tegangan angin menggunakan persamaan berikut :

$$U_A = 0.71 U_w^{1,23} \quad (2.4)$$

Keterangan :

U_A = faktor tegangan angin (*wind stress factor*)



Gambar 2. 1 Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat
(Sumber : SPM, 1984)

Fetch

Fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Di dalam daerah pembangkitan gelombang tidak hanya dari satu arah yang sama dengan arah angin namun ditinjau pula dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.5)$$

Keterangan :

F_{eff} = Fetch rata - rata efektif

X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6^0 sampai sudut sebesar 42^0 pada kedua sisi dari arah angin

Berikut merupakan pendekatan dari grafik peramalan gelombang SPM (shore Protection Manual, 1984) :

$$H_0 = 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times F_{eff}^{0.5} \quad (2.6)$$

$$T_0 = 6.238 \times 10^{-2} \times \left[\frac{F_{eff}^2}{U_A} \right]^{1/3} \quad (2.7)$$

Keterangan :

H_0 = tinggi gelombang laut dalam (m)

T_0 = periode gelombang laut dalam (d)

U_A = wind stress facor

F_{eff} = fetch efektif (m)

Perhitungan selanjutnya adalah mencari tinggi gelombang *root mean square* (Hrms) dan periode gelombang *root mean square* (Trms) dengan masih mengacu dengan SPM (1948)

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N H_i^2} \quad (2.8)$$

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N T_i^2} \quad (2.9)$$

Keterangan :

- H_{rms} = tinggi gelombang *root mean square* (m)
- T_{rms} = periode gelombang *root mean square* (d)
- H_i = tinggi gelombang laut dalam (m)
- T_i = periode gelombang laut dalam (d)
- N = jumlah data

Dengan menggunakan distribusi Rayleigh, kemudian dihitung tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode (T_s)

$$H_s = 1.416 \times H_{rms} \quad (2.10)$$

$$T_s = 1.416 \times T_{rms} \quad (2.11)$$

Keterangan :

- H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
- T_s = periode gelombang signifikan (d)

2.2.6 Sedimentasi dan Properti Sedimen

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material yang di transpor oleh media air, angin, atau es di suatu cekungan. Delta di muara sungai merupakan hasil dari proses pengendapan material yang di angkut oleh aliran air sungai. (Noor, 2014). Sedimen pantai dapat berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa sungai, dan dari laut yang terbawa oleh arus ke daerah pantai. (Triatmojo, 1999)

Dampak yang di akibatkan adanya sedimentasi sungai maupun abrasi dapat berupa pendangkalan, perubahan garis pantai, perubahan distribusi ukuran sedimen, peningkatan kekeruhan, dan perubahan kedalaman. Kerugian terbesar dari pendangkalan yaitu terhambatnya jalan keluar-masuk perahu nelayan maupun terhambatnya alur pelayaran. Selain itu dampak bagi lingkungan bisa berupa kematian organisme laut, berubah atau hilangnya habitat, dan menurunnya stok alami makanan laut. Sedimentasi di muara sungai biasanya akan diikuti dengan bertambahnya luas areal bakau dan jika sampai ke lokasi terumbu karang lambat laut akan berakibat menurunnya areal terumbu karena penetrasi cahaya berkurang (Zonabmi.org).

Sedimen pantai dapat berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa sungai dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai (Triatmojo, 1999). Sedimen transpor di area pantai biasanya terdiri atas beberapa partikel, mulai dari kerikil, pasir hingga partikel yang sangat kecil seperti lumpur atau tanah liat (Fredsoe and Deigard, 1992).

a. Ukuran partikel sedimen

Ukuran merupakan properti sedimen yang mudah diukur dan mempunyai bentuk serta *specific gravity* yang bermacam – macam. Ukuran di definisikan sebagai volume, diameter, berat, kecepatan endap, dan ukuran ayakan. Sedimen dapat diukur dengan metode jangka, metode optik, metode fotografi, dengan ayakan atau dengan metode sedimentasi. (Daryl dan Fuat, 1992).

Pantai memiliki beragam jenis seperti pantai berpasir, pantai berlumpur serta banyak lagi macamnya. Berbagai ragam pantai ini menunjukkan berbagai macam jenis dan ukuran sedimen yang membentuknya. Sedimen ini berasal dari daratan maupun lautan. Asal dominannya ini bergantung pada gaya penggerak di pantainya. Analisis ukuran partikel sedimen merupakan bagian yang penting untuk mengetahui geomorfologi pantai. Analisa ini

bertujuan untuk mengetahui proses – proses yang terjadi yang dapat digunakan sebagai prediksi bentuk pantai di masa mendatang. (Sulaiman, 2004)

Triatmojo (1992) mengklasifikasikan ukuran sedimentasi menjadi beberapa kelas seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	-8
Cobble		128	-7
Koral(Pebble)	Besar	64	-6
	Sedang	32	-5
	Kecil	16	-4
	Sangat kecil	8	-3
Kerikil		4	-2
Pasir	Sangat kasar	2	-1
	Kasar	1	0
	Sedang	0,5	1
	Halus	0,25	2
	Sangat halus	0,125	3
Lumpur	Kasar	0,063	4
	Sedang	0,031	5
	Halus	0,015	6
	Sangat halus	0,0075	7
Lempung	Kasar	0,0037	8
	Sedang	0,0018	9
	Halus	0,0009	10
	Sangat halus	0,005	11
		0,0003	12

Selain mengacu pada tabel ukuran klasifikasi sedimen, Triatmojo (1999) mengklasifikasikan ukuran butir dan sedimen menjadi dengan rumus sebagai berikut :

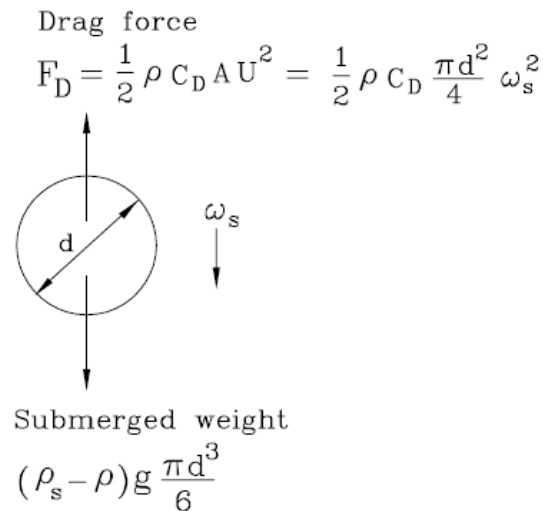
$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}} \quad (2.1)$$

Dengan D_p merupakan ukuran p% dari berat sampel adalah lebih halus dari diameter butir. Sedangkan S_0 merupakan derajat penyebaran ukuran butir terhadap nilai rerata. Apabila $1,0 \leq S_0 \leq 1,5$ maka ukuran butir pasir seragam, untuk $1,5 \leq S_0 \leq 2$ maka ukuran butir pasir sedang. Dan $2 \leq S_0$ ukuran pasir sangat bervariasi

b. Kecepatan Endap

Kecepatan partikel sedimen untuk ter-*desposisi* di dasar sungai disebut kecepatan endap. Salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan endap adalah konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi partikel sedimen akan semakin tinggi pula kecepatannya untuk mengendap. Untuk sedimen kohesif kecepatan endap dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel. Untuk sedimen non kohesif, seperti pasir, kecepatan endap bergantung pada rapat massa sedimen, air, dimensi bentuk partikel. (Triatmojo, 1999).

Pada CEM Part II (2002), kecepatan endap dipengaruhi oleh beberapa fungsi sebagai berikut yaitu ukuran, bentuk, densitas, viskositas dan beberapa parameter lain seperti temperatur. Pada saat butiran sedimen jatuh pada air tenang, kecepatan konstan akan terjadi apabila gaya tarik ke atas (*drag force*) sama dengan berat terendam (*submerged weight*) dari butiran, kecepatan konstan ini merupakan kecepatan endap (*settling velocity*) (Liu, 2001)



Gambar 2. 2 Pengendapan Sedimen di Perairan Tenang
(Sumber : Liu, 2001)

c. Rapat Massa (Density)

Rapat massa ideal untuk sedimen adalah $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$. Sehingga relatif rapat massa yaitu $s = \rho_s/\rho$. Besar dari nilai rapat massa untuk air tawar (ρ_a) yaitu 1000 kg/m^3 . sedangkan untuk air laut (ρ_a) yaitu 1025 kg/m^3 (Liu, 2001)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{M}{V} \quad (2.2)$$

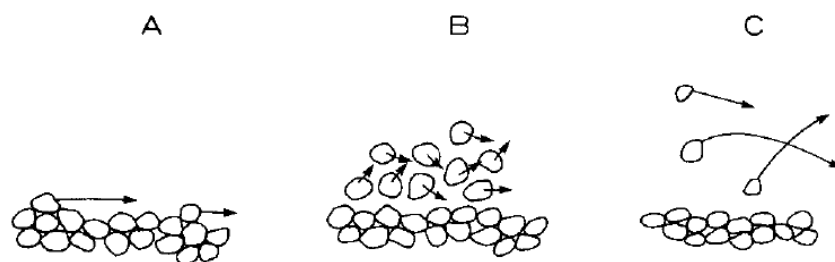
2.2.7 Mekanisme Transpor Sedimen

Sedimen transpor sangat berpengaruh, baik di sungai, muara, atau pantai. Pergerakan dari sedimen dapat menyebabkan sedimentasi maupun erosi. Transpor sedimen adalah gerakan sedimen yang disebabkan karena adanya gelombang dan arus. Fredsoe and Diegrad (1992) membagi menjadi 3 mode transpor sedimen, yaitu :

- *Bed load* atau biasa disebut transpor sedimen non kohesif merupakan transpor sedimen yang pergerakannya disertai dengan kontak langsung dengan dasar. Tenaga penggerak *bed load* adalah adanya drag force dari lapisan dasar sungai. Terjadinya

bedload dominan pada arus dengan kecepatan rendah dan ukuran sedimen yang besar.

- *Suspended load* atau transport sedimen kohesif merupakan transpor sedimen yang pergerakannya tanpa disertai kontak yang terus menerus dengan dasar. Ukuran partikel dari *suspended load* halus dan berpindah dengan melayang di dalam aliran karena turbulensi oleh air. Pada *suspended load* cenderung terjadi di arus yang mempunyai kecepatan rendah dengan ukuran sedimen yang kecil.
- Dan yang terakhir *wash load* yang terdiri dari partikel yang sangat halus yang terbawa oleh air dan tidak memiliki komposisi dasar. Sedimen ini hampir tidak mempengaruhi sifat – sifat sungai meski jumlahnya yang paling banyak dibanding jenis lainnya. Sedimen ini berasal dari proses pelapukan di daerah bantaran sungai, terutama pada musim kemarau.



Gambar 2. 3 Perbedaan Mode Sedimen Transpor
A : *Bed load*. B : *Sheet Flow* C. *Suspended Sediment*
(Sumber : Fredsoe, 1992)

Proses pantai yang terjadi dipengaruhi dari pergerakan sedimen di daerah pantai yang diakibatkan oleh gelombang maupun arus. Angkutan sedimen di daerah pantai dapat di golongkan menjadi 2 yaitu, *onshore-offshore transport* dan *longshore transport*.

- a. *Onshore-offshore transport*, yaitu transpor sedimen menuju dan meninggalkan pantai. Memiliki arah tegak lurus dengan garis pantai yang dapat dipengaruhi oleh gelombang, ukuran butir, kemiringan pantai serta lebih dikaitkan dengan gelombang badai.

- b. *Longshore transport*, transpor sedimen sepanjang pantai terjadi ketika gelombang mendekati pantai dengan sudut miring sehingga akan menghasilkan arus darat. Gelombang dan arus inilah yang mengangkut sedimen dalam jumlah besar sepanjang pantai. *Longshore transport* menjadi faktor dominan penyebab terjadinya sedimentasi maupun erosi (Liu, 2001)

2.2.8 Pantai Berlumpur dan Morfologi Muara Sungai

Pantai berpasir terjadi di daerah yang mempunyai banyak muara sungai yang membawa sedimen tersuspensi ke laut. Pada umumnya sedimen yang berada pada pantai berlumpur merupakan sedimen yang bersifat kohesif dengan diameter yang sangat kecil. Sedimen yang terbawa arus oleh sungai menyebar pada daerah perairan yang luas sehingga membentuk pantai yang luas, datar dan dangkal. Kemiringan dasar laut sangat kecil. (Triatmojo, 1999)

Muara sungai adalah bagian akhir sungai yang berhubungan langsung dengan laut. Berbagai permasalahan muara sungai dapat dilihat dari bagian mulut sungai dan estuari. Mulut sungai merupakan daerah hilir dari sungai yang berhubungan langsung dengan laut. Sedangkan estuari merupakan bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Menurut Sulaiman (2004) beberapa kemungkinan asal sedimen halus di daerah lumpur yaitu :

1. Laut : berasal dari dasar laut (*sea bed*)
2. Pantai : berasal dari erosi di bibir pantai yang bertebing
3. Fluvial : berasal dari sungai
4. Insitu : berasal dari sampah yang dihasilkan di daerah itu sendiri.

Untuk proses sedimentasi di daerah yang berlumpur dapat dijelaskan secara sederhana sebagai berikut : saat terjadi pasang sedimen dengan diameter halus ikut terbawa dan naik ke badan air melalui proses adveksi bergerak menuju ke pantai. Sedangkan pada saat surut sedimen dengan ukuran yang lebih besar akan tetap diam pada

tempatnyanya. Sehingga terbentuklah daratan lumpur, daratan lumpur biasanya mempunyai vegetasi berupa bakau. Adanya vegetasi ini menyebabkan sedimen terakumulasi dan menyebabkan kecepatan arus berkurang.

Morfologi pada pantai merupakan akibat dari berbagai proses sedimen yang dipengaruhi oleh arus dan gelombang. Stabilitas garis pantai dipengaruhi oleh perbedaan sedimen yang keluar dan masuk. Baik *cross-shore* sedimen transpor maupun *long-shore* sedimen transpor merupakan pengaruh dari gelombang, arus dan angin. Garis pantai akan bertambah atau terkikis tergantung stabilitasnya. Namun, bentuk garis pantai akan relatif sama selama beberapa bulan atau tahun. (Reeve, 2004)

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi perubahan morfologi di muara sungai antaranya adalah , gelombang, debit sungai, karakteristik tanah dasar, pasang surut, gempa, tsunami dan sebagainya. Yuwono (1994) dalam Triatmojo (1999) membedakan muara sungai menjadi tiga faktor sebagai pengaruh dominannya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai dan pasang surut)

- Muara dengan pengaruh dominasi gelombang laut
Gelombang yang terjadi pada pantai berpasir dapat menyebabkan angkutan sedimen dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Angkutan tersebut bergerak memasuki muara sungai yang mempunyai gelombang yang lebih tenang sehingga sedimen akan mengendap. Besarnya gelombang akan mengakibatkan besarnya sedimen yang mengendap tadi.
- Muara dengan pengaruh dominasi Debit sungai
Terbentuknya muara ini dikarenakan pengaruh debit sungai yang besar sepanjang tahun yang bermuara dilaut dengan gelombang relatif kecil. Dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang

mengendap lebih banyak dari pada yang terabrasi yang akan menjadikan sedimentasi di depan mulut sungai.

- Muara dengan pengaruh dominasi Pasang surut

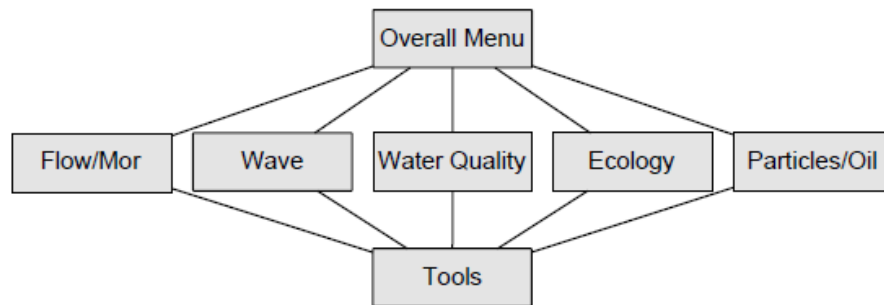
Muara ini terbentuk ketika tinggi dan volume air pasang yang masuk ke sungai besar. Air pasang akan berkumpul dengan air sungai dari hulu. Kemudian pada saat air surut, volume yang terkumpul tadi mengalir keluar aliran sungai. Besarnya volume air yang keluar tadi berarti akan besar pula kecepatan arus saat surut yang potensial terhadap terbentuknya muara sungai.

2.2.9 Program Delf3D



Gambar 2. 4 Tampilan *Software* Delft3D
(Sumber : Deltares, 2014)

Delf3D merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan perhitungan 3 dimensi pada wilayah pesisir, sungai, dan muara. Dalam permodelannya, Delf3D menyimulasikan domain tertentu seperti arus, transportasi sedimen, gelombang, kualitas air, perkembangan morfologi dan ekologi. Adapun modul tersebut dapat saling berhubungan untuk bertukar data dan hasil yang memerlukan formulasi pemrosesan.



Gambar 2. 5 *System Architecture Delft3D*
(Sumber : Deltares, 2014)

Berikut keterangan modul yang terdapat di Delft3D :

Delft3D- FLOW : mensimulasikan pasang surut, arus sungai, banjir, dan tsunami

Delft3D- WAVE : mensimulasikan perambatan gelombang

Delft3D-WAQ : untuk kualitas air

Delft3D-ECO : permodelan ekologi

Delft3D-PART : kualitas air dan gerakan partikel

Salah satu modul dari Delft3D yaitu Delf3D-FLOW, proses dasar yang dapat di proses oleh modul FLOW adalah hidrodinamika, salinitas, temperatur, sedimen transpor dan morfologi. (Deltares, 2014)

2.2.10 Metode Validasi

Besar ketepatan peramalan atau permodelan menunjukkan bahwa seberapa jauh model dapat memproduksi data yang telah diketahui. Salah satu ukuran ketepatan permodelan menurut Lawrence (2009) adalah menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan ukuran standar yang sering digunakan dalam ukuran kesesuaian permodelan. MAPE digunakan untuk melihat nilai *error* dari hasil permodelan dengan data sebenarnya.

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left| \frac{Pt - Ft}{Pt} \times 100\% \right|}{m} \quad (2.13)$$

Keterangan :

P_t = Data aktual untuk periode i

F_t = Ramalan/permodelan untuk periode i

m = Periode waktu

Nilai yang dihasilkan dari perhitungan MAPE dari permodelan semakin kecil maka permodelan tersebut semakin baik. Untuk mengetahui *akurasi* model dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

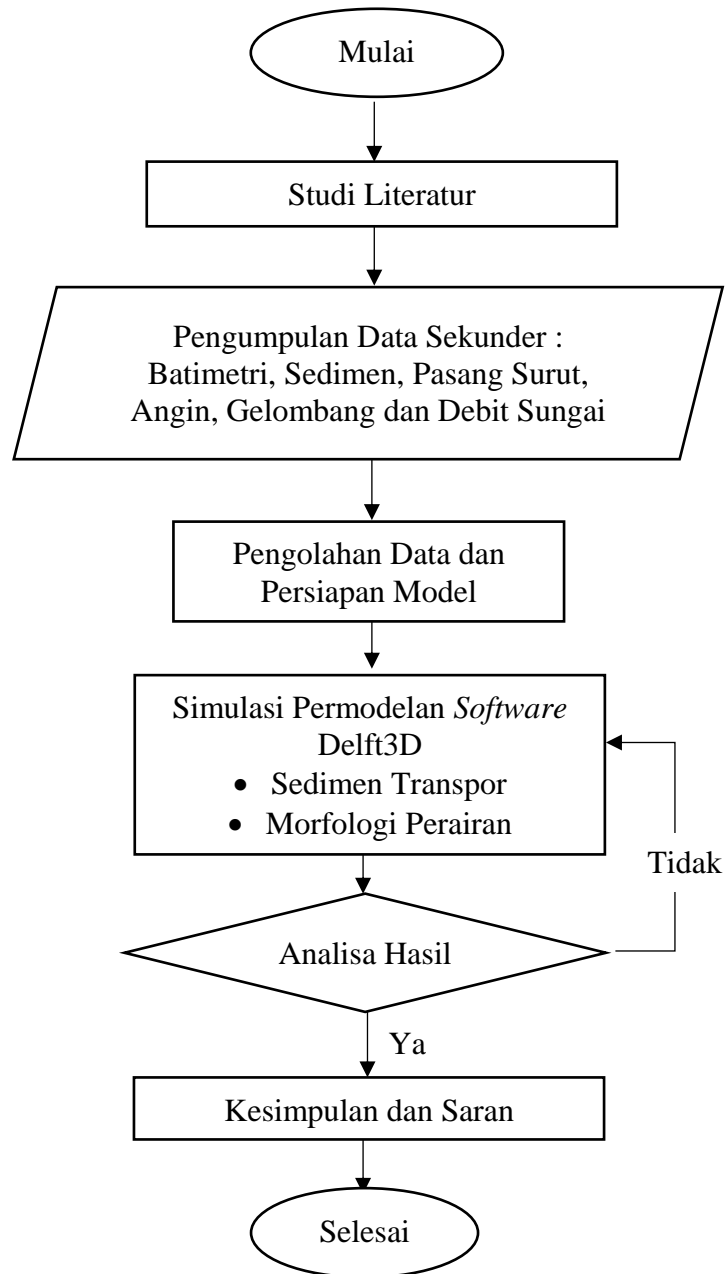
Tabel 2. 3 Nilai MAPE sebagai Tingkat Akurasi

Presentase MAPE	Tingkat Akurasi
< 10 %	Akurasi Permodelan Tinggi
10 % - 20 %	Akurasi Permodelan Baik
21% - 50%	Akurasi Permodelan Biasa
>50 %	Permodelan Tidak AKurat

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Berikut ini akan menjelaskan uraian dari diagram alir (Gambar 3.1) yang merupakan langkah – langkah untuk menyelesaikan penelitian dan permodelan dari tugas akhir ini :

1. Studi Literatur

Langkah ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang menjadi pokok bahasan dan cara penyelesaiannya. Untuk menunjang hal tersebut penulis mencari informasi mengenai area penelitian serta mencari dasar – dasar teori maupun literatur berupa buku, jurnal, laporan penelitian yang terkait dengan laju sedimentasi dan morfologi perairan sebagai penambahan wawasan dan pengetahuan. Selain itu penulis juga mempelajari lebih dalam mengenai *software* yang akan digunakan dalam permodelan.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dikumpulkan data – data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari penelitian pihak lain. Data yang digunakan dalam pengerjaan antara lain :

- a. Data Pasang Surut
- b. Data Batimetri
- c. Data Sedimen
- d. Data Angin
- e. Data Gelombang
- f. Data Debit Sungai

3. Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul kemudian dilakukan pengolahan. Tujuan dari pengolahan data ini untuk mempermudah serta dapat di baca sebagai masukan dari proses permodelan.

4. Permodelan *Software* Delf3D- FLOW

Permodelan sedimentasi dan morfologi perairan di ujung pangkah akan dilakukan menggunakan bantuan *software* Delf3D dengan data yang

telah diolah sebelumnya. Simulasi permodelan yang dilakukan menggunakan modul FLOW dan WAVE.

5. Analisa Hasil

Analisa bertujuan untuk memastikan permodelan yang dilakukan sesuai dengan kondisi sebenarnya dengan membandingkan hasil survei dengan hasil yang didapat dari permodelan menggunakan *software*. Validasi dalam penelitian ini menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan parameter validasi berupa pasang surut dan konsentrasi sedimen.

Setelah hasil validasi terpenuhi selanjutnya dianalisis pola arus, penyebaran sedimen dan perubahan morfologi dasar di lokasi penelitian. Namun apabila nilai *error* masih besar maka dilakukan permodelan ulang.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa akan didapatkan kesimpulan dari penelitian yang menjawab perumusan masalah yang telah dibuat dan pemberian saran untuk penelitian dengan topik sejenis sehingga diharapkan dapat memudahkan dalam pengerjaan penelitian.

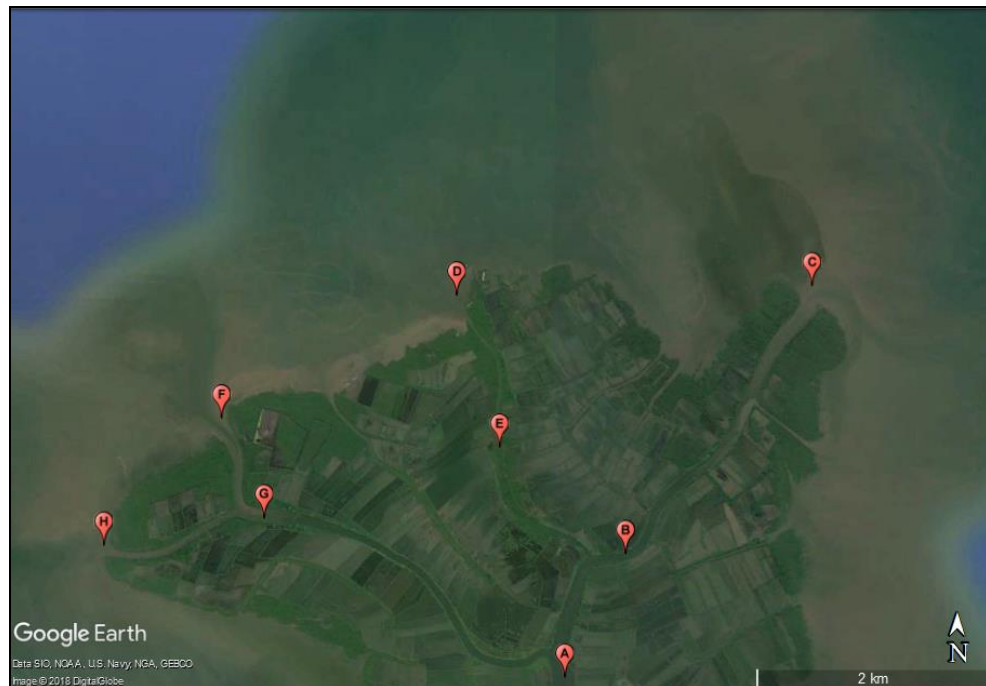
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di daerah Ujung Pangkah Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Secara geografis lokasi penelitian berada pada koordinat $6,83^{\circ}$ LS sampai $6,87^{\circ}$ LS dan $112,51^{\circ}$ BT sampai $112,58^{\circ}$ BT dengan 8 titik pengamatan sedimen transpor dan morfologi seperti pada Gambar 4.1. Daerah ini merupakan hilir dari aliran Sungai Bengawan Solo yang bermuara di pantai utara Kecamatan Ujung Pangkah. Wilayah dari ujung pangkah merupakan areal tambak dan hutan bakau yang rentan terhadap perubahan fungsi lahan. Debit aliran Sungai Bengawan Solo yang tinggi dan angkutan sedimen yang terbawa membuat pendangkalan di kawasan ini cepat terjadi.



Gambar 4. 1 Titik Pengamatan
(*Google Earth*. 2018)

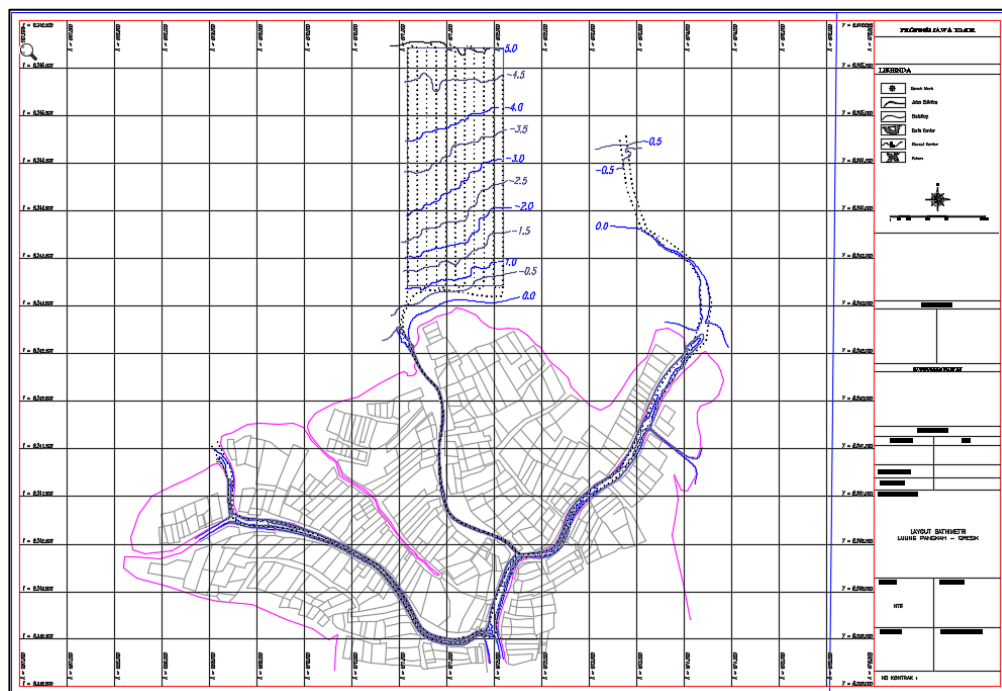
Tabel 4. 1 Koordinat Titik Pengamatan

TITIK PENGAMATAN	LATITUDE	LONGITUDE
A	6°52'43.61" S	112°33'24.84" E
B	6°52'9.31" S	112°33'41.36" E
C	6°50'54.70" S	112°34'32.34" E
D	6°50'58.38" S	112°32'53.57" E
E	6°51'40.27" S	112°33'5.97" E
F	6°51'33.11" S	112°31'48.53" E
G	6°52'0.56" S	112°32'0.70" E
H	6°52'8.60" S	112°31'16.20" E

4.2 Analisa Data

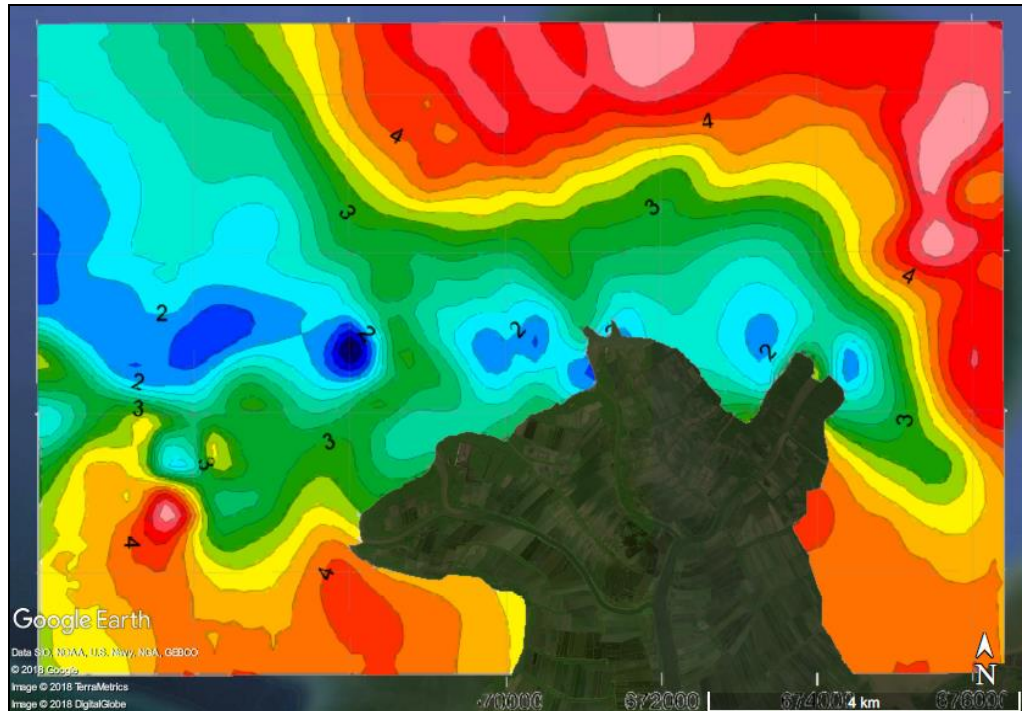
4.1.1 Data Batimetri

Batimetri merupakan peta topografi dan peta kedalaman air di laut yang dinyatakan dalam angka kedalaman dan garis atau kontur kedalaman. Data batimetri di Perairan Ujung Pangkah diukur pada tanggal 9 Juni 2017 sampai 11 Juni 2017 dengan interval kontur 0,5 meter tidak menggunakan skala (NTS). Data batimetri kemudian digunakan sebagai masukan *meshing* pada perangkat lunak Delft3D. Dengan luasan area yang ditinjau sekitar 11 km x 8,5 km.



Gambar 4. 2 Peta Batimetri Ujung Pangkah

Selain menggunakan data batimetri pada gambar 4.2 digunakan data batimetri lain pula. Peta batimetri pada gambar 4.3 menunjukkan skala warna setiap kedalamannya. Warna biru menunjukkan area dangkal, sedangkan semakin merah menunjukkan bahwa laut semakin dalam.

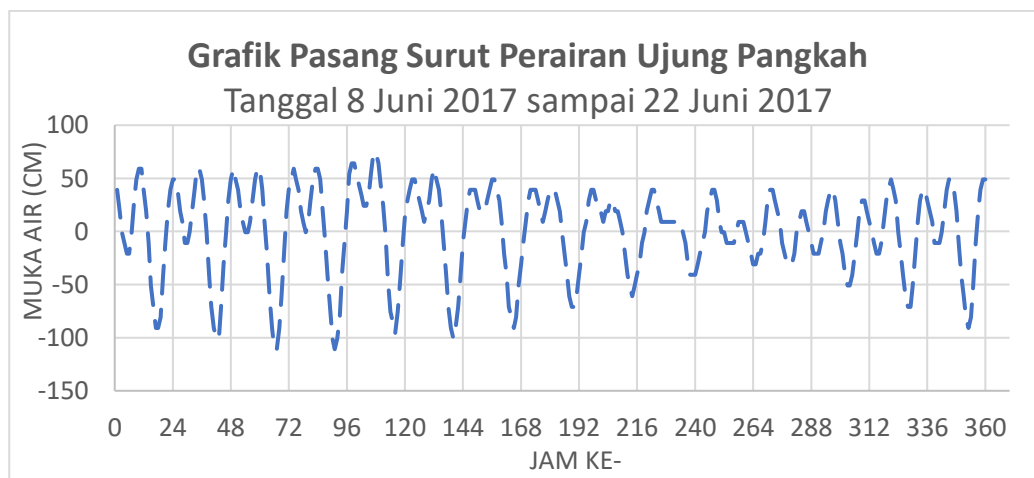


Gambar 4. 3 Peta Batimetri Ujung Pangkah (b)
(Patriadi , 2018)

Karena batimetri pada Gambar 4.2 terbatas hanya pada area sungai dan sebagian dari laut, maka untuk membuat model pada area penelitian dibutuhkan data batimetri lain yang mencakup wilayah laut dari Ujung Pangkah. Data batimetri pada Gambar 4.3 merupakan data kedalaman laut pada wilayah Ujung Pangkah, namun data ini juga terbatas hanya pada area laut. Oleh karenanya dari kedua data batimetri ini kemudian digabungkan sehingga keseluruhan area permodelan pada sungai maupun laut mempunyai data kedalaman.

4.1.2 Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan hasil pengamatan yang dilakukan pada titik koordinat - 6,849167 LS dan 112,547994 BT selama 15 hari yaitu pada tanggal 8 hingga 22 Juni 2017 dengan waktu pengukuran setiap 1 jam. Muka air pada grafik mengacu terhadap MSL (*Mean Sea Level*) sebagai rata – rata nilai tinggi muka air selama pengamatan berlangsung. Data pasang surut akan digunakan sebagai kondisi batas (*boundary condition*) pada saat permodelan arus.



Gambar 4. 4 Grafik Pasang Surut Muara Ujung Pangkah 8 – 22 Juni 2017

Dari hasil pengamatan pasang surut pada tanggal 8 sampai 22 Juni sesuai grafik di atas dapat disimpulkan :

Air tertinggi	: 210 cm
Air Terendah	: 25 cm
MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	: 136 cm
Fluktuasi Muka Air	: 185 cm

Data pasang surut yang berupa muka air selanjutnya dianalisis menggunakan metode *admiralty*. Dari hasil analisa tersebut menghasilkan konstanta harmonik pasang surut dengan besaran berupa amplitudo dan fase di setiap komponennya. Dalam permodelan menggunakan perangkat lunak

Delft3D, data konstanta harmonik pasang surut digunakan sebagai nilai batas terbuka (*open boundary*). Batas terbuka ini mewakili pengaruh dari luar lokasi permodelan. Konstanta harmonik tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 2 Konstanta Harmonik Pasang Surut Muara Ujung Pangkah

Tidal Constituent	Symbol	Amplitude (m)	Phase (radians)
Average water level	Z ₀	1,36	
Main lunar constituent	M ₂	0,38	3,10
Main solar constituent	S ₂	0,22	3,39
Soli-lunar constituent	K ₁	0,30	2,71
Main lunar constituent	O ₁	0,29	2,16
Lunar constituent, due to Earth-Moon distance	N ₂	0,04	2,47
Soli-lunar constituent, due to the change of declination	K ₂	0,06	3,39
Main solar constituent	P ₁	0,10	2,71
Main lunar constituent	M ₄	0	2,26
Soli-lunar constituent	MS ₄	0,04	1,56

Untuk *mengetahui* tipe pasang surut yang terjadi di Perairan Ujung Pangkah digunakan persamaan Bilangan *Formzal* :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

$$F = \frac{0,3 + 0,29}{0,38 + 0,22}$$

$$F = 0,9799$$

Bilangan *formzal* sebesar 0, 979 berarti bahwa tipe pasang surut yang terjadi di Ujung Pangkah merupakan pasang surut dengan tipe campuran condong ke harian ganda (*mixed tide, prevailing semi diurnal*).

4.1.3 Data Angin dan Gelombang

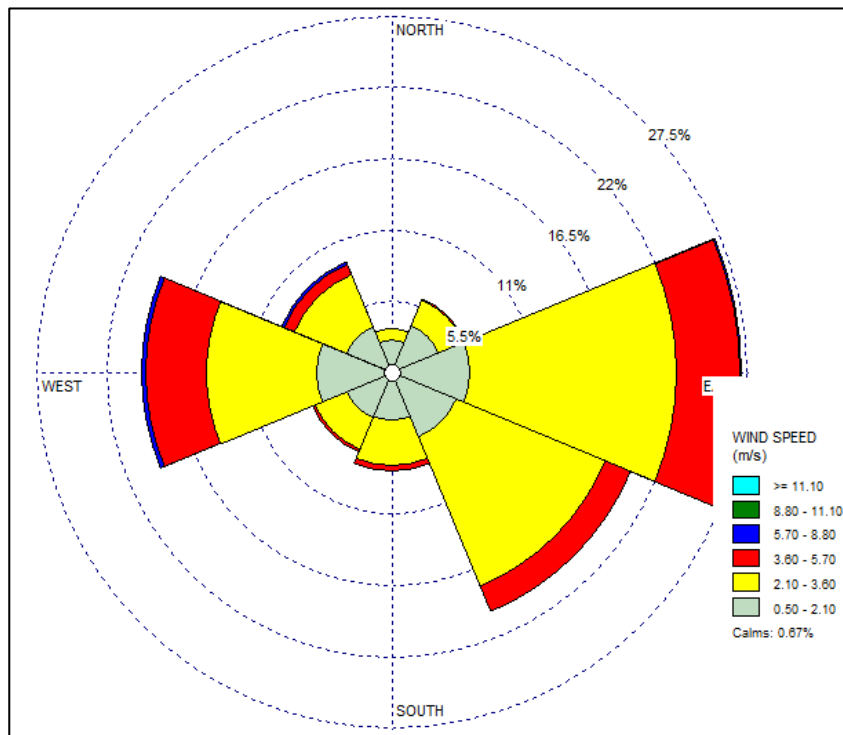
Data angin digunakan untuk mengetahui arah angin dominan yang terjadi di area penelitian. Data angin diperoleh dari pencatatan Badan

Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Perak Surabaya selama kurun waktu 2 tahun yaitu tahun 2016 – 2017. Karakteristik angin pada suatu daerah data dibaca dengan mudah menggunakan tabel distribusi kejadian pada Tabel 4. 3, atau dengan menggunakan diagram mawar angin pada Gambar 4.4.

Tabel 4. 3 Distribusi Kejadian Angin Tahun 2016 - 2017

Arah Angin	Distribusi Kejadian (%)						Total (%)
	1 -3	3- 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	>=15	
Utara	2,527	0,744	0,118	0	0	0	3,389
Timur Laut	3,909	1,889	0,331	0	0	0	6,129
Timur	6,081	10,941	9,695	0,213	0	0	26,929
Tenggara	5,391	10,327	4,263	0	0	0	19,980
Selatan	3,690	2,763	1,181	0	0	0	7,634
Barat Daya	3,867	2,391	0,455	0,006	0	0	6,719
Barat	5,892	6,749	5,739	0,803	0,106	0	19,289
Barat Laut	3,838	3,584	1,447	0,272	0,118	0	9,258
Total	35,195	39,387	23,227	1,293	0,224	0	99,327

Sumber : Sta. BMKG Perak, Surabaya (diolah)



Gambar 4. 5 *Wind Rose* Perairan Ujung Pangkah 2016-2017

Sumber : Sta. BMKG Perak, Surabaya (diolah)

Dari letak geografis daerah Ujung Pangkah, arah angin yang dianggap relevan dalam permodelan meliputi arah barat, barat daya, utara, timur laut, dan timur. Pada saat permodelan data angin tidaklah, namun menggunakan data tinggi gelombang signifikan dan periode beserta arahnya.

Tabel 4. 4 Nilai Tinggi Gelombang Signifikan dan Periodenya

Arah	Sudut Gelombang(⁰)	Hs (m)	Ts (d)
Barat	270	0.106	1.383
Barat Laut	315	0.358	3.523
Utara	0	0.126	3.638
Timur Laut	45	0.080	3.113
Timur	90	0.269	2.972

Sumber : Sta. BMKG Perak, Surabaya

4.1.4 Data Sedimen

Ukuran sedimen pada suatu perairan tentunya terdiri dari berbagai ukuran, sehingga untuk mengetahui distribusi ukuran sedimen dilakukan dengan analisa ayakan. Analisa ini mendapatkan persentase jenis tanah/sedimen yang melewati saringan. Data sedimen didapatkan dari hasil pengukuran langsung dari 6 titik pada daerah yang dekat muara ujung pangkah dengan kedalaman sampel tanah 1.0 meter. Dari keenam titik sampel pada daerah perairan Ujung Pangkah, clay/lempung mempunyai persentase terbesar dibandingkan *sand*/pasir dan silt/lanau. Data sedimen di beberapa titik ini dianggap mampu mewakili keseluruhan lokasi Ujung pangkah yang dilakukan dalam permodelan.

Tabel 4. 5 Data Persentase Jenis Tanah

BOR POINT	SAND (%)	F I N E S	
		SILT (%)	CLAY (%)
AA BD-1	8.21	31.79	60.00
AA BD-2	7.54	33.03	60.43
BB BD-1	8.21	31.80	60.00
BB BD-2	9.14	31.47	59.39
CC BD-1	10.25	31.90	56.67
CC BD-2	6.27	32.47	61.27

4.1.5 Data Konsentrasi Sedimen

Data konsentrasi sedimen atau SSC (*Suspended Sediment Concentration*) didapatkan pengambilan sampel pada tanggal 22 – 23 Juli 2016 . Sampel sedimen digunakan ada pada koordinat 6,849 LS dan 113,474 BT di beberapa kedalaman seperti pada Tabel 4.6 berikut :

Tabel 4. 6 SSC di Kecamatan Ujung Pangkah

h (m)	SCC (kg/m ³)
0.252	0.298
0.756	0.366
1.008	0.448

Sumber : Patriadi (2018)

4.3 Permodelan Delft3D

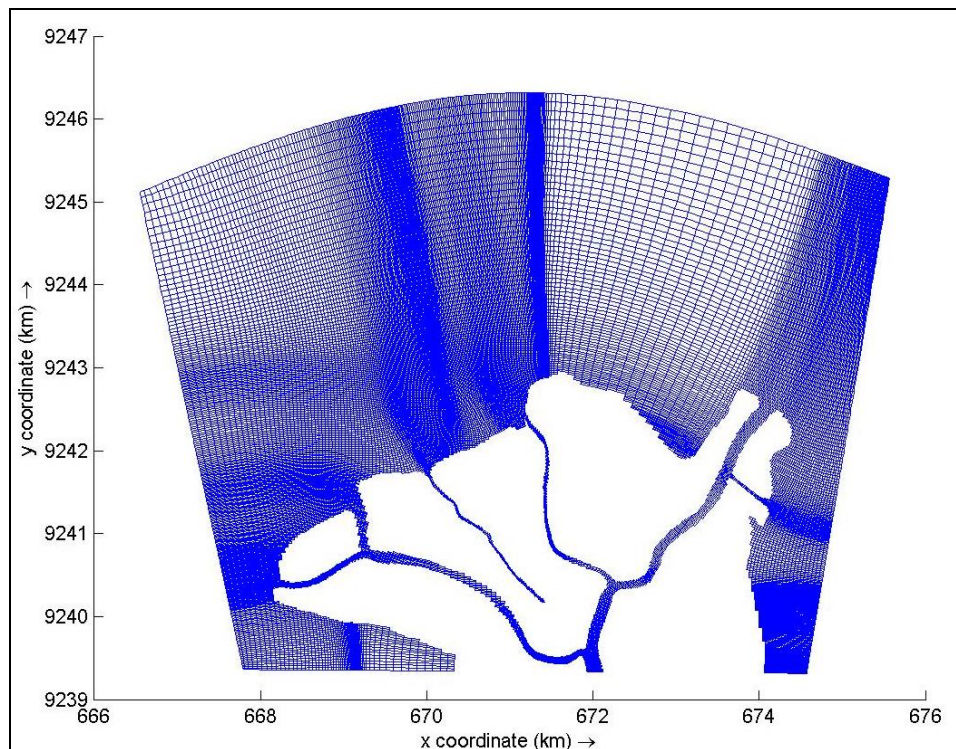
Dalam tugas akhir ini untuk mengetahui transpor sedimen dan morfologi Perairan Ujung Pangkah digunakan metode permodelan numerik. Permodelan numerik yang dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Delft3D-FLOW dan Delft3D WAVE.

Sebelum melakukan permodelan dilakukan pengumpulan beberapa data di antaranya adalah peta batimetri, data sedimen, data pasang surut, dan data debit sungai. Data yang telah dikumpulkan tadi tidak semua dapat langsung dijadikan sebagai masukan dalam permodelan, namun perlu dilakukan analisa dan pengolahan supaya data dapat dibaca sebagai parameter permodelan *software* Delft3D.

4.2.1 Pembuatan Grid

Tujuan dari pembuatan *grid* dalam permodelan adalah untuk menentukan dan membatasi area penelitian. Dalam pembuatannya mengacu pada *land boundary(.ldb)*. *land boundary* merupakan suatu batasan antara wilayah darat dengan perairan atau batas area darat pada suatu daerah. *Grid* yang digunakan dalam permodelan ini dalam bentuk *coordinate caertessian* yang mempunyai koordinat dengan

satuan meter. Besar area permodelan yang dilakukan adalah sekitar 11 km x 8,5 km.



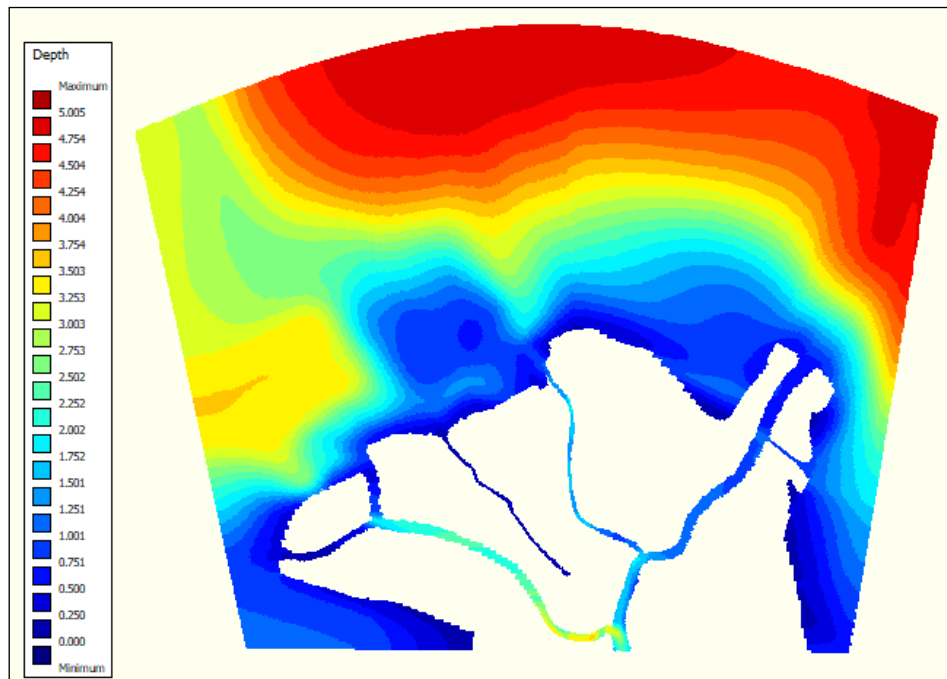
Gambar 4. 6 *Grid* Ujung Pangkah

Model *grid* Ujung Pangkah dibuat kecil karena area Ujung Pangkah mempunyai sungai dengan 3 percabangan berbagai arah, hal ini di maksudkan agar *grid* bisa mewakili bentuk sungai. Dengan jumlah *grid* sebanyak 44150, jumlah *cells grid* pada arah M 288 dan pada arah N 325. Hasil dari permodelan *grid* pada modul RGFGGRID kemudian disimpan dengan format *.grd*.

4.2.2 Memodelkan Data Kedalaman

Setelah *grid* terbentuk langkah selanjutnya adalah menggunakan modul Delft3D-QUICKIN. Modul ini digunakan untuk membuat dan memvisualisasikan batimetri atau data kedalaman. Data lokasi batimetri yang semula berformat *.dwg* dari Autocad diubah terlebih dahulu ke dalam format *.xyz* untuk dijadikan data sampel dalam QUICKIN. Pada masukan data kedalaman laut pada Delft3D

digunakan tanda positif (+), sedangkan untuk elevasi daratan menggunakan tanda negatif (-). Hasil keluaran dari menu QUICKIN berupa data kedalaman dengan format *.dep* yang nantinya bersama *grid* menjadi masukan untuk melakukan simulasi permodelan laju sedimen dan morfologi. Berikut merupakan hasil dari visualisasi batimetri di perairan ujung pangkah :



Gambar 4. 7 Nilai Kedalaman Ujung Pangkah

4.2.3 Kondisi Batas

Dalam permodelan ini menggunakan kondisi batas *water level*, *neumann*, dan *discharge*. Pada kondisi ini nilai batas ditentukan langsung dalam permodelan. Pada bagian utara permodelan menggunakan batasan komponen *astronomic* dengan memasukkan nilai konstanta pasang surut. Untuk area barat dan timur permodelan, batasan dianggap sebagai gradien ketinggian air di sepanjang pantai. Sedangkan untuk area hulu sungai ditentukan arus rata – ratanya secara *time series*. Untuk permodelan dengan WAVE digunakan nilai batas gelombang yaitu dengan memasukkan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan pada arah yang dianggap relevan di wilayah perairan Ujung Pangkah.

4.2.4 Memasukkan Parameter

Tahap setelah pembuatan *meshing* adalah memasukkan beberapa parameter pada modul FLOW dan WAVE.

Tabel 4. 7 Parameter Permodelan *FLOW*

Item	Jenis Data	Nilai	
Domain	Grid	.grd	
	Batimetri	.dep	
	Latitude	-6,84	
Time Frame	Tanggal simulasi	08 Juni 2017	
	Waktu mulainya simulasi	08 Juni 2017	
	Waktu berhentinya simulasi	22 Juni 2017	
	Interval Waktu	0,04 detik	
Processes	Constituent	Sedimen Kohesif	
	Physical	Wave & Online Deflt3D-WAVE	
Boundaries	Batasan Pasang Surut	Amplitudo	Phase
	Z0	1,36 m	-
	M2	0,38 m	310 deg.
	S2	0,22 m	339 deg.
	K1	0,3 m	271 deg.
	O1	0,29 m	216 deg.
	N2	0,04 m	247 deg.
	K2	0,06 m	339 deg.
	P1	0,1 m	271 deg.
	M4	0 m	226 deg.
	MS4	0,04 m	156 deg.
	Batasan Arus Sungai	45.412 m³/s	
Physical Parameter	Kontanta		
	Gravitasi	9,8 m/s²	
	Densitas Air	1.025 kg/m³	
	Sedimen Kohesif		
	Berat Jenis	2650 kg/m³	
	Berat Kering	500 kg/m³	
	Morfologi		
	Faktor Morfologi	2	

Tabel 4. 8 Parameter Permodelan WAVE

<i>Hydrodynamics</i>	<i>Mdf-File</i>		
Grid	<i>Grid</i>	<i>.grd</i>	
	Batimetri	<i>.dep</i>	
<i>Boundaries</i>	Batasan Gelombang	Hs (m)	Ts (s)
	Barat (270°)	0,106	1,383
	Barat Laut (315°)	0,358	3,523
	Utara (0°)	0,126	3,638
	Timur Laut (45°)	0,080	3,113
	Timur (90°)	0,269	2,972
<i>Physical Parameter</i>	Kontanta		
	Gravitasi	9,8 m/s ²	
	Densitas Air	1.025 kg/m ³	

File yang berupa masukan untuk simulasi pada arus modul FLOW berformat *mdf.*, sedangkan file masukan simulasi gelombang pada modul WAVE berformat *.mdw.* Untuk menghubungkan antara hasil simulasi arus pada modul FLOW dengan modul WAVE maka pada item *Hydrodynamics* dalam modul WAVE harus mengaktifkan *file* FLOW. Sehingga secara otomatis *file .mdw* akan terhubung dengan *file .mdf.* Kedua parameter pada Tabel 4.7 dan 4.8 akan mempengaruhi kondisi fisik pada area permodelan.

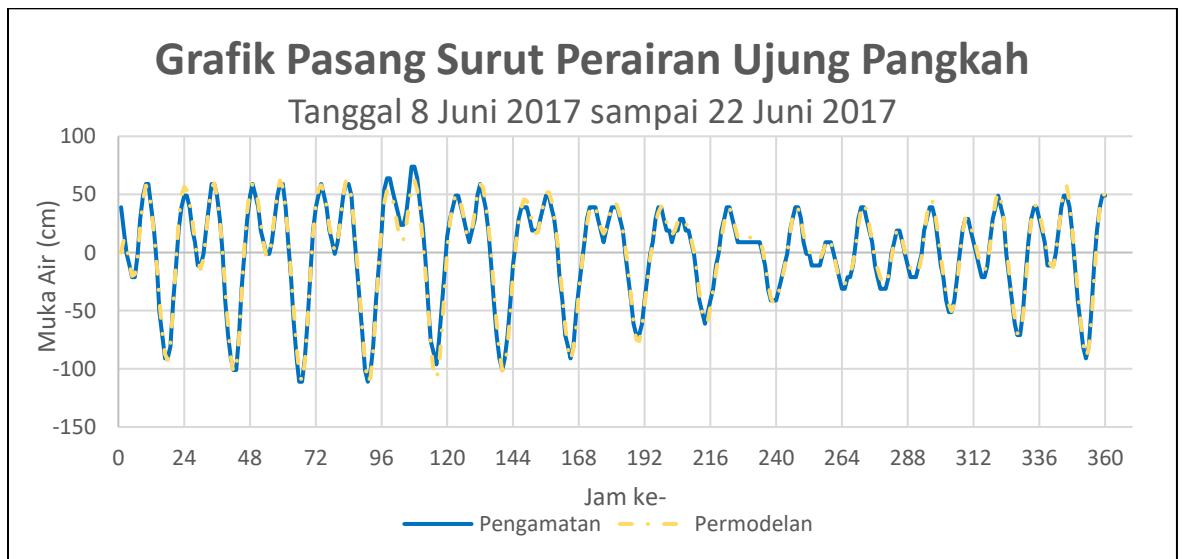
4.4 Validasi Permodelan

4.4.1 Validasi Pasang Surut

Validasi dilakukan dengan membandingkan data elevasi muka air dari hasil pengamatan dengan hasil *water level* dari permodelan menggunakan perangkat lunak Delft3D. Validasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian permodelan. Rentan waktu untuk melakukan validasi disesuaikan dengan waktu pengamatan dan simulasi permodelan yaitu selama 15 hari, dari tanggal 8 Juni 2017 hingga 22 Juni 2017. Metode validasi yang dilakukan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Di bawah ini merupakan grafik perbandingan antara pengamatan dan permodelan dengan nilai MAPE sebesar 11%. Berdasarkan Tabel 2. 3

menyatakan bahwa dengan nilai MAPE tersebut dikategorikan akurasi permodelan baik dan telah dapat mewakili keadaan sebenarnya di lapangan.



Gambar 4. 8 Grafik Validasi Pasang Surut

4.4.2 Validasi Sedimen

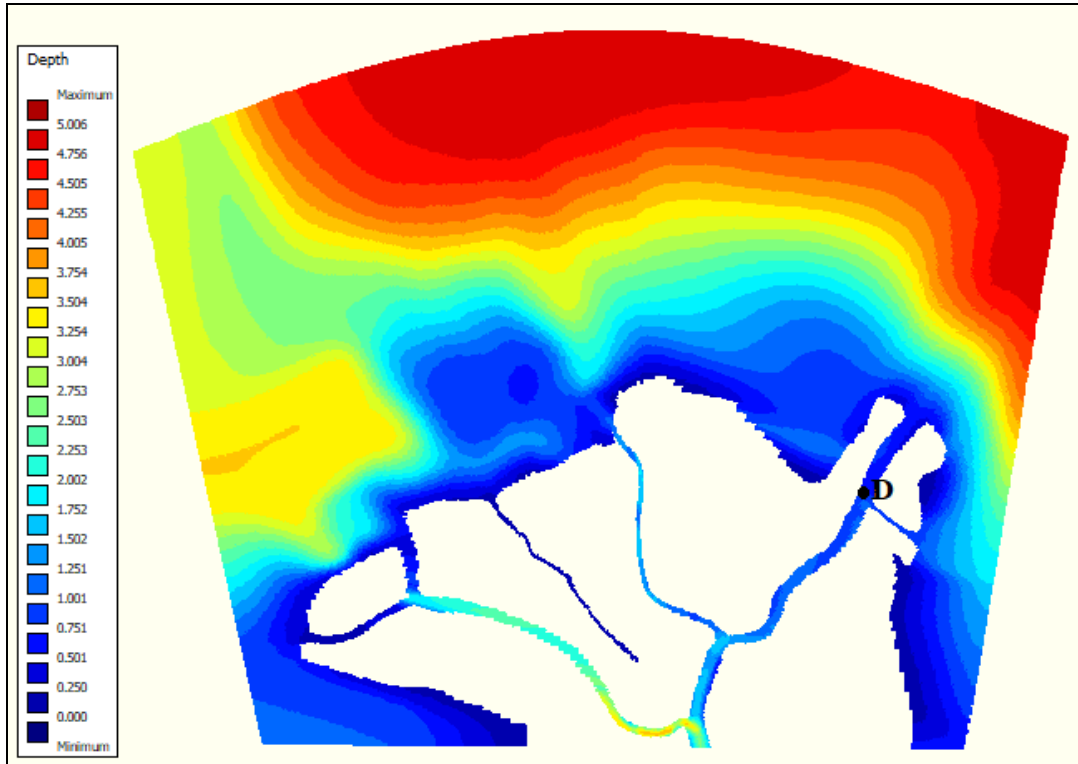
Validasi sedimen ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil konsentrasi sedimen dari hasil pengamatan di lapangan dengan hasil permodelan menggunakan perangkat lunak Delft3D. Perbandingan konsentrasi pada tabel bawah ini dianggap sudah mewakili kondisi sebenarnya

Tabel 4. 9 Perbandingan Konsentrasi Sedimen

Nama Titik	Konsentrasi Sedimen (kg/m ³)	
	Pengamatan	Permodelan
TITIK D	0,2432	0,286

Lokasi titik untuk melakukan validasi konsentrasi yaitu berupa pada titik D yang merupakan bagian dari mulut sungai bengawan solo. Titik D memiliki kedalaman 2,3 meter. Dari Tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa hasil permodelan menggunakan *software* Delft3D telah mendekati hasil pengukuran di lapangan. Sebagai tambahan, nilai konsentrasi sedimen pada

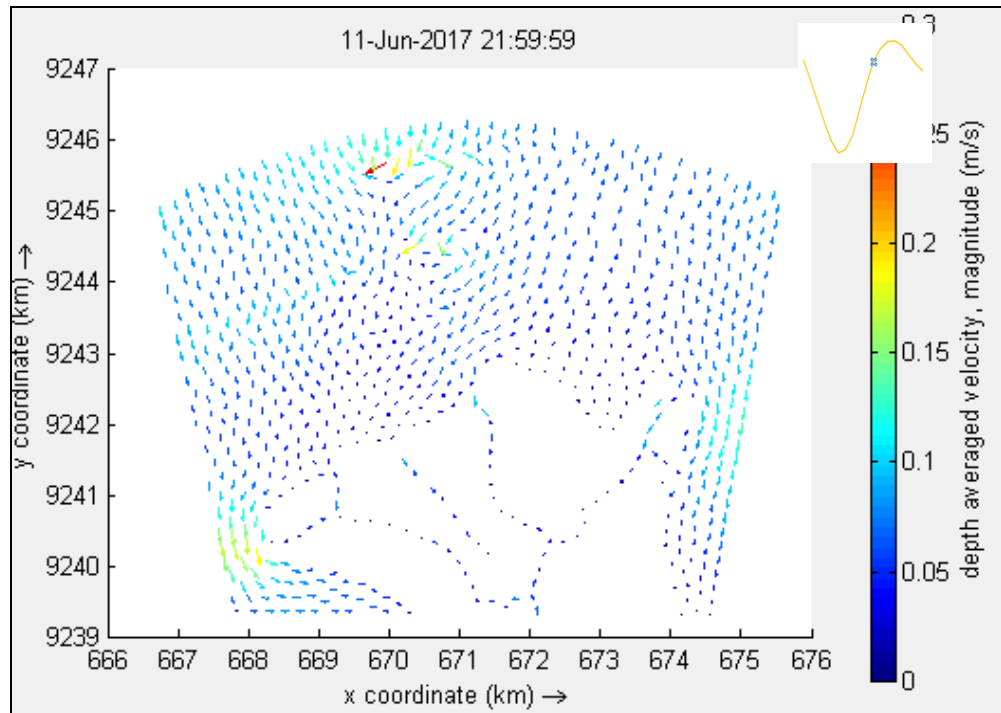
saat pengamatan dan permodelan pada muara Sungai Bengawan Solo cukup tinggi. Nilai konsentrasi sedimen yang tinggi menandakan bahwa perairan tersebut cukup keruh.



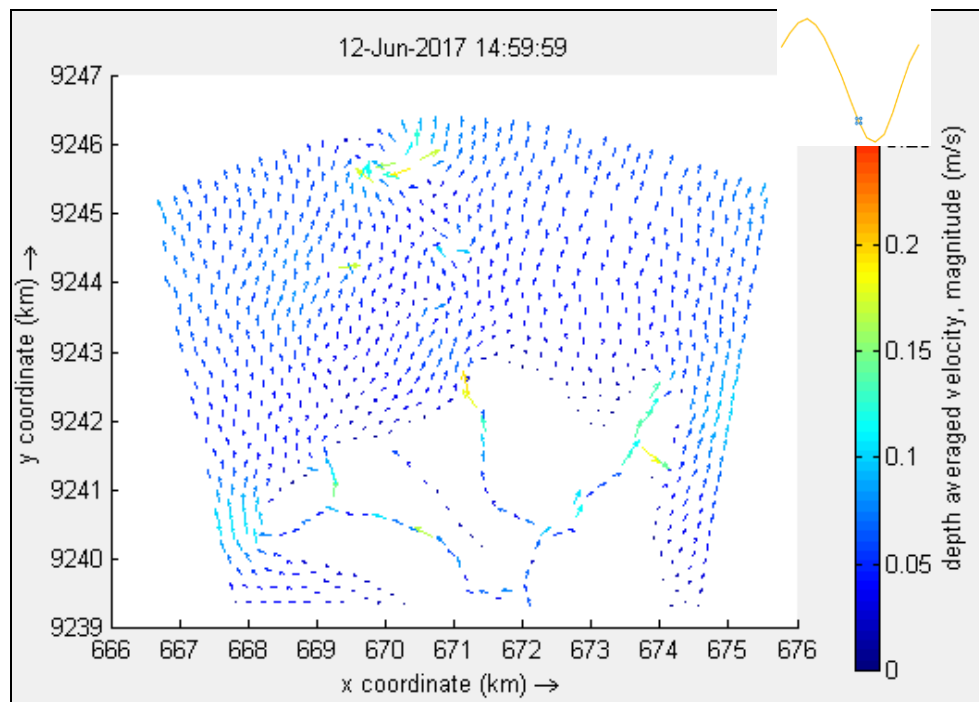
Gambar 4. 9 Lokasi Titik Konsentrasi Sedimen

4.5 Hasil Simulasi Permodelan Arus dan Gelombang Perairan Ujung Pangkah

Hasil simulasi dari permodelan arus tidak dilakukan validasi karena ketiadaan data arus pada saat pengamatan, sehingga analisa arus hanya ditinjau berdasarkan keluaran dari hasil permodelan menggunakan Delf3D. Kondisi yang di tinjau yaitu kecepatan arus pada saat sebelum pasang dan sebelum surut.



Gambar 4. 10 Vektor Kecepatan Arus Pada Saat Akan Pasang



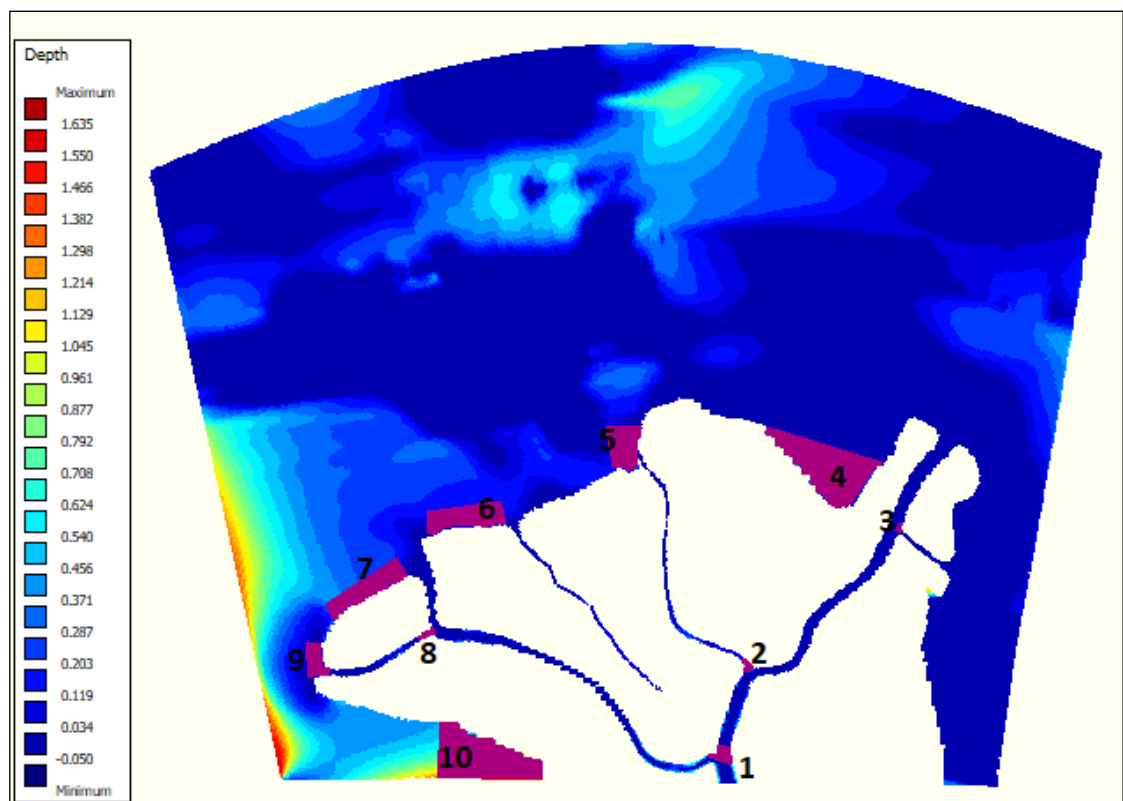
Gambar 4. 11 Vektor Kecepatan Arus Pada Saat Akan Surut

Kecepatan arus pada saat sebelum pasang maupun sebelum surut dapat dilihat pada 4.10 dan Gambar 4. 11. Vektor pada gambar tersebut menunjukkan arah dan kecepatan di Perairan Ujung Pangkah. Dari arah dan

kecepatan vektor Gambar 4.10 dan Gambar 4. 11, pola arus yang mendekati pantai sama dengan arah dominan gelombang yaitu dari arah barat dan timur. Hal ini menunjukkan bahwa selain pasang surut, gelombang juga berpengaruh dalam pembentukan pola arus pada Perairan Ujung Pangkah. Selain pasang surut dan gelombang, debit sungai juga mempengaruhi pola arus pada daerah ini. Pada saat pasang kecepatan arus tertinggi mencapai 0,3 m/det dan pada saat surut 0,02 m/det

4.6 Hasil Simulasi Permodelan Sedimen Transpor Perairan Ujung Pangkah

Pola sebaran sedimen setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak Delft3D, perairan di bagian barat dan utara Ujung Pangkah cenderung memiliki laju sedimentasi yang tinggi. Sedimentasi dan erosi perairan ujung pangkah dalam permodelan dapat dilihat dengan skala warna. Nilai negatif (-) menandakan bahwa terjadinya erosi, sedangkan untuk tanda positif (+) menandakan terjadi sedimentasi.



Gambar 4. 12 Kumulatif Sedimentasi dan Erosi Beserta Pembagian Area

Beberapa area perairan mengalami sedimentasi, terutama pada bagian barat, utara dan pada percabangan sungai. Untuk dapat menghitung laju sedimentasi, maka dilakukan pembagian beberapa area yang dapat dilihat pada Gambar 4. 11.

Tabel 4. 10 Volume dan Laju Sedimentasi Perairan Ujung Pangkah Per-bulan

Lokasi	Luas (m ²)	Volume Sedimentasi (m ³ /bulan)
1	21651	4219,9
2	5813,2	1000,103
3	2841,7	57,777
4	334408,1	40315,92
5	103843	15512,2
6	135332	12397,2
7	127517	23774,7
8	7285	675,7
9	44406	856,1
10	342383	267831,4

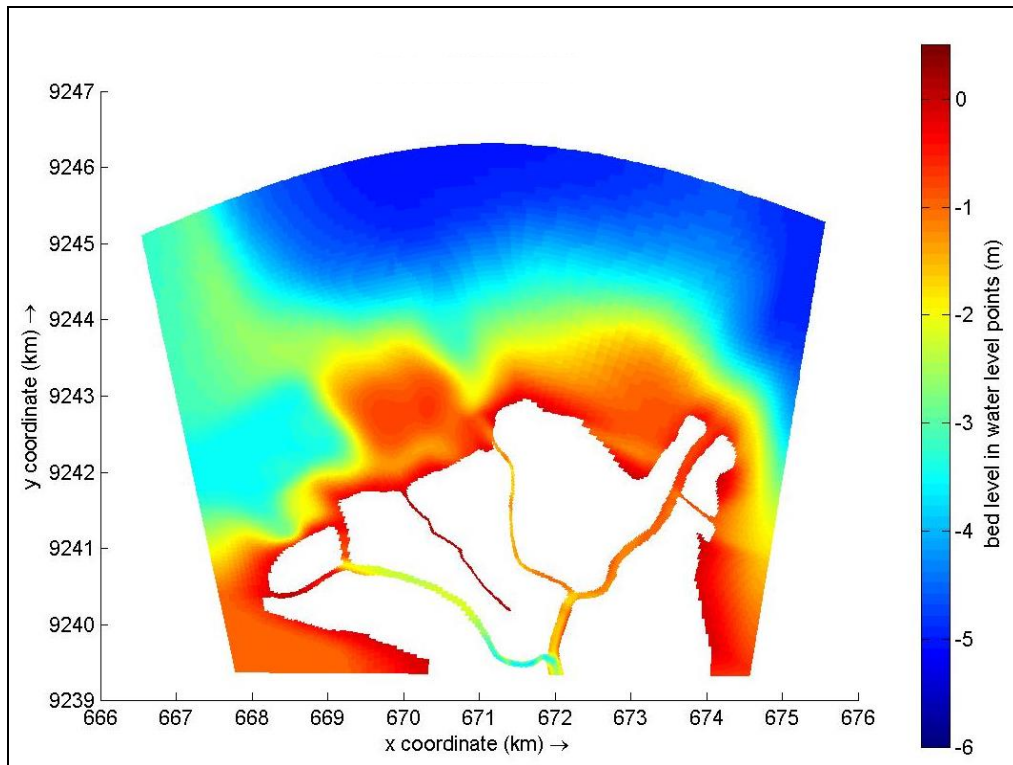
4.7 Hasil Simulasi Permodelan Morfologi Perairan Ujung Pangkah

Perubahan morfologi dasar perairan dasar dapat terjadi diakibatkan adanya sedimentasi maupun erosi. Pengaruh perubahan ini dipengaruhi oleh arus dari pasang surut dan pengaruh gelombang. Pada Perairan Ujung Pangkah perubahan morfologi dasar dipengaruhi arus dari pasang surut dan pengaruh gelombang dari arah barat yang mampu menggerakkan sedimen sehingga terjadi sedimentasi. Meskipun arus dari arah timur cukup besar, namun tidak ada penghalang seperti daerah di bagian barat yang menyebabkan sedimen tertimbun. Perubahan morfologi dasar ini diamati selama 30 hari dengan 12 *cross section* yang dapat dilihat pada Gambar 4.15..

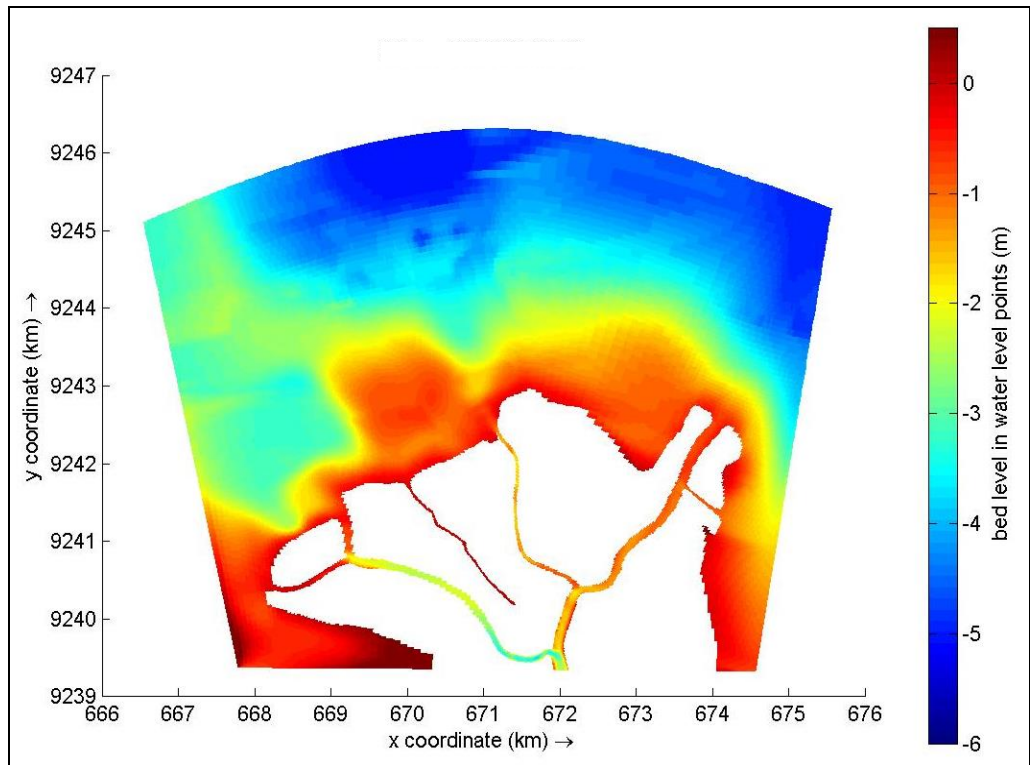
Skala warna yang di tunjukkan pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 merupakan gradasi kedalaman. Warna merah menunjukkan bahwa perairan memiliki kedalaman 0 m, semakin berwarna biru maka perairan semakin

dalam mencapai -6 m.. Percabangan sungai ke arah barat memiliki tingkat kedalaman yang tinggi dibandingkan dengan dua percabangan lain. Pada area luar sungai, semakin ke arah lepas pantai kondisi perairan ujung pangkah semakin dalam.

Pada kondisi akhir permodelan Gambar 4.14, arus di wilayah barat menyebabkan sedimentasi yang mengakibatkan sisi perairan barat mengalami pendangkalan. Sedangkan pada sisi timur, arus tidak menghasilkan sedimentasi (kondisi awal dan kondisi akhir cenderung sama).

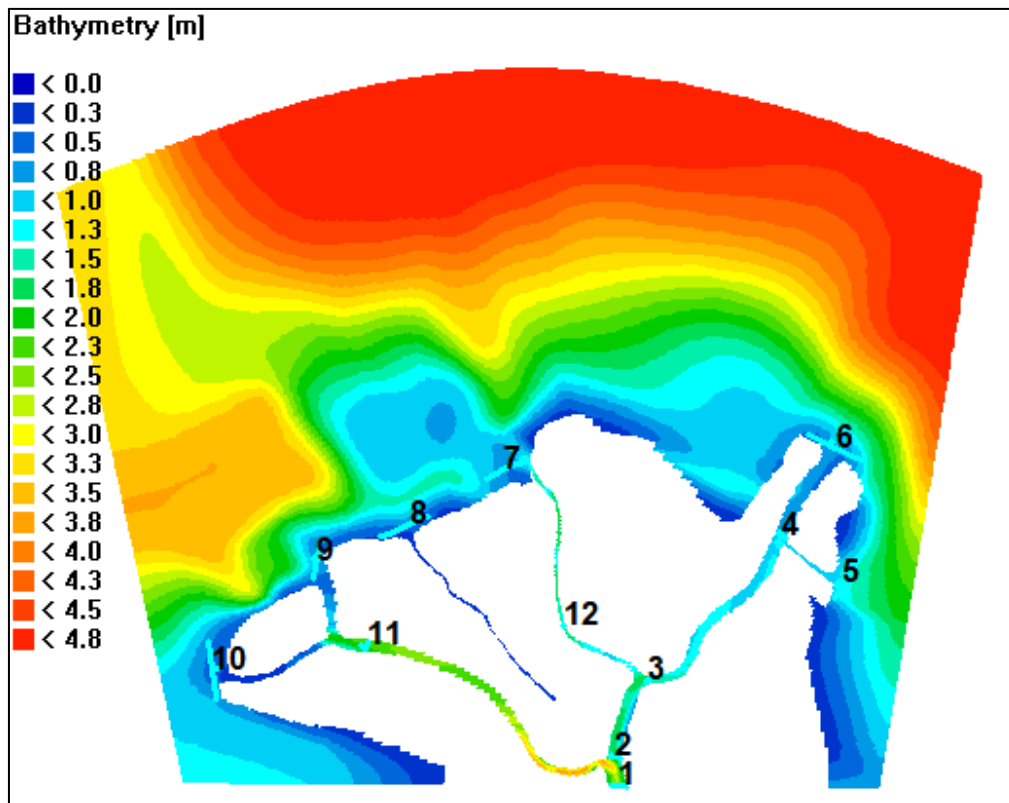


Gambar 4. 13 Kondisi Awal Kedalaman pada Model

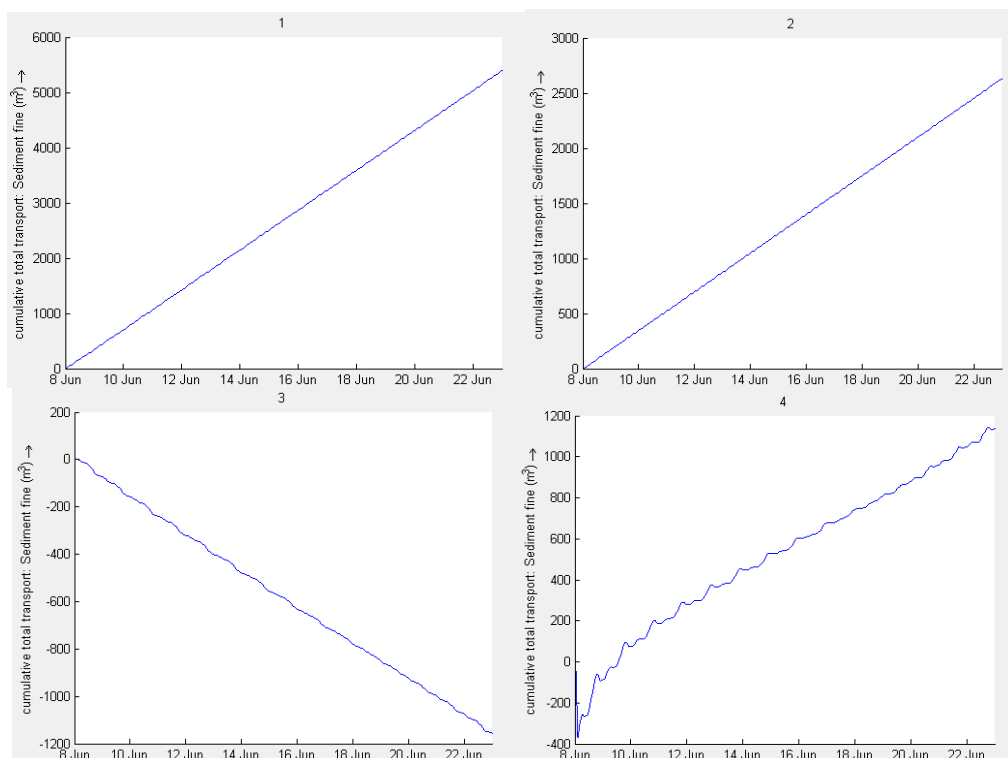


Gambar 4. 14 Kondisi Akhir Kedalaman pada Model

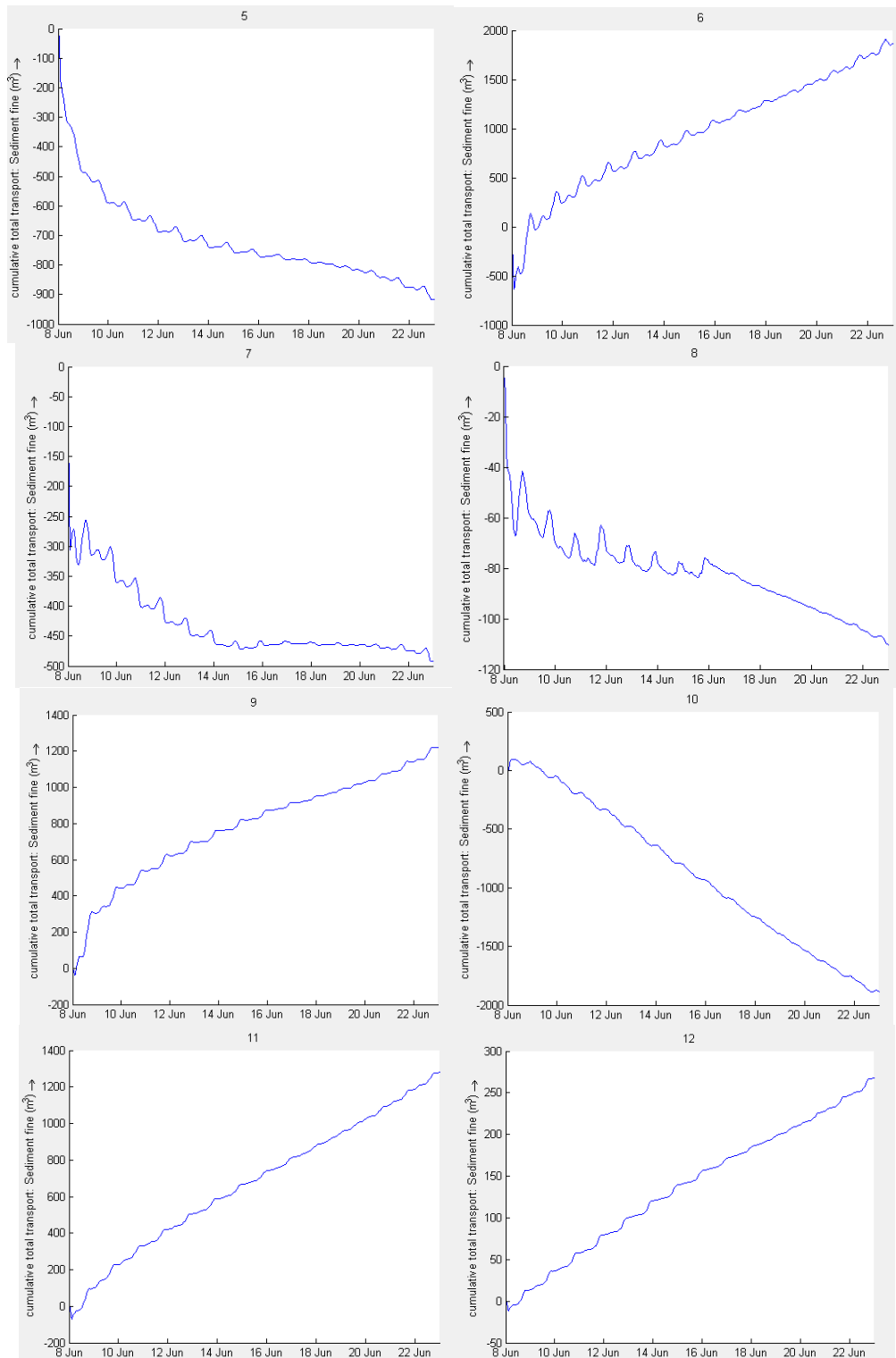
Selain dapat dilihat berdasarkan skala warna dan angka secara keseluruhan area permodelan, dapat dilihat pula perubahan morfologi di beberapa *cross section* yang dijadikan acuan untuk melihat perubahan morfologi dasar Perairan Ujung Pangkah. *Cross section* ini merupakan penampang yang mencakup paling sedikit dua *grid* yang dapat menyimpan tingkat pengangkutan sedimen sesuai dengan interval waktu simulasi yang telah ditentukan pada saat *input parameter*. Tingkat pengangkutan sedimen inilah yang menggambarkan perubahan pada morfologi dasar Perairan Ujung Pangkah.



Gambar 4. 15 Lokasi *Cross Section*



Gambar 4. 16 Kumulatif Total Transpor Sedimen pada *Cross Section 1* Hingga *Cross Section 4*



Gambar 4. 17 Kumulatif Total Transpor Sedimen pada *Cross Section 5* Hingga *Cross Section 12*

Dari gambar grafik di bawah ini, dapat dilihat bahwa perubahan morfologi dasar Perairan Ujung Pangkah cenderung mengalami sedimentasi daripada erosi. Pada percabangan sungai, apabila terdapat salah satu cabang yang memiliki kedalaman lebih dangkal akan cenderung terjadi sedimentasi dibandingkan cabang yang memiliki kedalaman yang lebih dalam seperti pada percabangan pada *cross section 2*, *cross section 3*, *cross section 4* dan *cross section 11*. Hal ini dikarenakan arus yang melewati cabang dengan kedalaman yang lebih dangkal memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan arus yang melewati cabang dengan kedalaman yang lebih dalam. Kecepatan arus yang rendah tidak dapat mengangkut butiran sedimen sehingga sedimen akan mengendap dan terjadilah sedimentasi. Pada bagian muara sungai *cross section 5*, *cross section 7*, dan *cross section 8* mengalami erosi. Sedangkan pada muara sungai *cross section 6*, *cross section 9* dan *cross section 10* mengalami sedimentasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran yang didapatkan sesuai dengan hasil permodelan laju sedimen dan morfologi perairan ujung pangkah menggunakan bantuan *software* Delft3d adalah sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

1. Laju sedimentasi yang terjadi pada Perairan Ujung Pangkah cukup tinggi pada area barat yang di akibatkan oleh butiran sedimen yang terbawa oleh arus yang menuju ke pantai. Sedangkan untuk arah timur laju sedimentasi tidak begitu besar karena pada arah – arah tersebut tidak mampu menggerakkan sedimen yang ada di sekitar pantai. Laju sedimentasi tertinggi ada pada area 10 yaitu $267.831 \text{ m}^3/\text{bulan}$ dengan luas area sebesar 342.383 m^2 .
2. Perubahan Morfologi dasar di perairan Ujung Pangkah disebabkan oleh faktor hidrodinamika secara alami yang mengakibatkan Perairan Ujung Pangkah cenderung terjadi sedimentasi terutama pada bagian percabangan sungai, serta di area barat dan utara perairan ujung pangkah. Perubahan morfologi dasar terbesar terjadi pada *cross section* 4 karena terjadi penambahan sedimen sebesar 6.000 m^3 pada akhir simulasi.

5.2 Saran

1. Dalam melakukan permodelan disarankan menggunakan keseluruhan data dengan rentan waktu yang sama dan titik koordinat yang jelas agar permodelan dapat sesuai dengan kondisi sebenarnya
2. Perlu data arus untuk dapat melakukan permodelan dengan hasil yang valid
3. Waktu simulasi dapat dibuat lebih lama supaya mengetahui karakteristik daerah penelitian dengan lebih jelas

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Anggaraini, Nanin. Sartono M. dan Maryati H.. 2015. **Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2015** : “Pemantauan Distribusi Sedimentasi di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Menggunakan data Landsat”. Bogor : Repositori Lapan
- Ayutyas, B. D., 2016. Analisis Temporan Perubahan Luas Lahan Tambak di Pesisir Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur Menggunakan Citra Satelit. **Skripsi**. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Azzahra, A. D .2015. Analisa pola arus dan sedimentasi di daerah Muara Sungai Kali Buntung, Tambak Oso, Surabaya. **Tugas Akhir**. Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Banjarnahor, B., Atmodjo W., dan Hariyadi. 2016. Sebaran Sedimen Tersuspensi di Perairan Muara Sungai Bengawan Solo, Gresik, Jawa Timur. **Jurnal Oceanografi**, Vol. 5 No. 4 Halaman 554 – 562
- BPS. 2017. Luas Daerah dan Jumlah Pulau Menurut Provinsi, 2006-2016. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/05/1366/luas-daerah-dan-jumlah-pulau-menurut-provinsi--2002-2016.html>. 7 Desember 2017
- CEM. 2002. CEM Part III Chapter 1 : **Coastal Sedimen Properties**. US Army Corp of Engineer
- Cenne, A. A. 2016. Studi Karakteristik Sedimen dan Morfologi Dasar Muara Sungai Jeneberang. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik : Universitas Hasanuddin
- CERC, 1984, **Shore Protection Manual**, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington (SPM, 1984)
- Daryl B.S. dan Fuat S. 1992. **Sediment Transport Technology : Water And Sediment Dynamics**. USA : Water Resources Publications
- Deltares. 2014. **Delft3D-FLOW, User Manual** . Netherland : Deltares
- Fredsoe, J. dan Rolf.. 1992. **Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 3** : “Mechanics of Coastal Sediment Transport”. Word Scientific. Institut of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering tecnical University of Denmark

- Kurniawan, Y.. 2016. Analisa Laju Sedimentasi di Area Jetty BP Tangguh. **Tugas Akhir.** Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lawrence, KD., & Picceti (2006), **Geometric Brownian Motion and Structural Breaks in Oil Prices : A Quantitative Analysis.** Energy Economics 28(4) : 506522
- Makridakis, S., Whellwright S., McGee V. 1999. **Metode dan Aplikasi Peramalan.** Jakarta : Erlangga
- Nontji, A. 1993. **Laut Nusantara.** Djambatan. Jakarta.
- Noor, D. 2014. **Geomorfologi.** Yogyakarta : Deepublish
- Patriadi, A., Ria A. A. S., Dwa W., Wasis W.. 2018. “Effect of Sedimen Transport into Soil Composition in the Estuary, Case Study : Bengawan Solo River”. **Joint Workshop for Global Engineering in Asia (JWGEA) 2018.** Japan : Ritsumeikan University
- Poerbandono dan Djunarsjah, (2005). **Survei Hidrografi.** Bandung : Refika Aditama
- Pond, S. and George. L. P. 1983. **Introductory Dynamical Oceanography 2nd Edition.** New York : Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Prasetyo, A. Nyoto S. dan Lilik B. P.. 2017. “Kerusakan Ekosistem Mangrove di Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur”. **Jurnal Silvikultur Tropika,** Vol. 08 No.2 Hal. 130-133 ISSN 2086-8227
- Purwandani, A., Zonabmi : Akresi Pantai.
<http://www.zonabmi.org/aplikasi/perubahan-garis-pantai/akresi-pantai.html>. 14 Nopember 2017
- Putra, D. A. P. 2016. Permodelan Perubahan Morfologi Perairan Esturi Sungai Wonokromo Surabaya. **Tugas Akhir.** Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Reeve, D., Andrew C., dan Chris D.. 2012. Coastal Engineering : Processes, Theory, and Design Practice. London and New York : Spon Press

- Sorensen, R. B.. 2006. **Basic Coastal Engineering Third Edition**. Departemen of civil and Environmental Engineering : Lehigh University. Pennsylvania
- Sulaiman, A. dan Soehardi I.. 2008. **Pendahuluan Geomorfologi Pantai Kuantitatif**. Jakarta : BPPT
- Triatmojo, B. 1999. **Teknik Pantai**. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmojo, B. 2009. **Perencanaan Pelabuhan**. Yogyakarta : Beta Offset
- Wahyuni, N. 2014. Analisa Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya. **Tugas Akhir**. Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Wibowo, A. 2009. Studi Pola Arus dan Sedimentasi di Sungai Kalimas. **Tugas Akhir**. Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Zakarsyi, M.M., Zayadi, H., dan Laili S. 2016. Diversitas dan Pola Distribusi Bivalvia di Zona Intertidal Daerah Pesisir Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik. **e-Jurnal Ilmiah BIOSAIN TROPIS (BIOSCIENCE-TROPIC)**. Volume 2/ No. : 1 / Halaman 1 – 10 / Agustus Tahun 2010

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

LOKASI STUDI

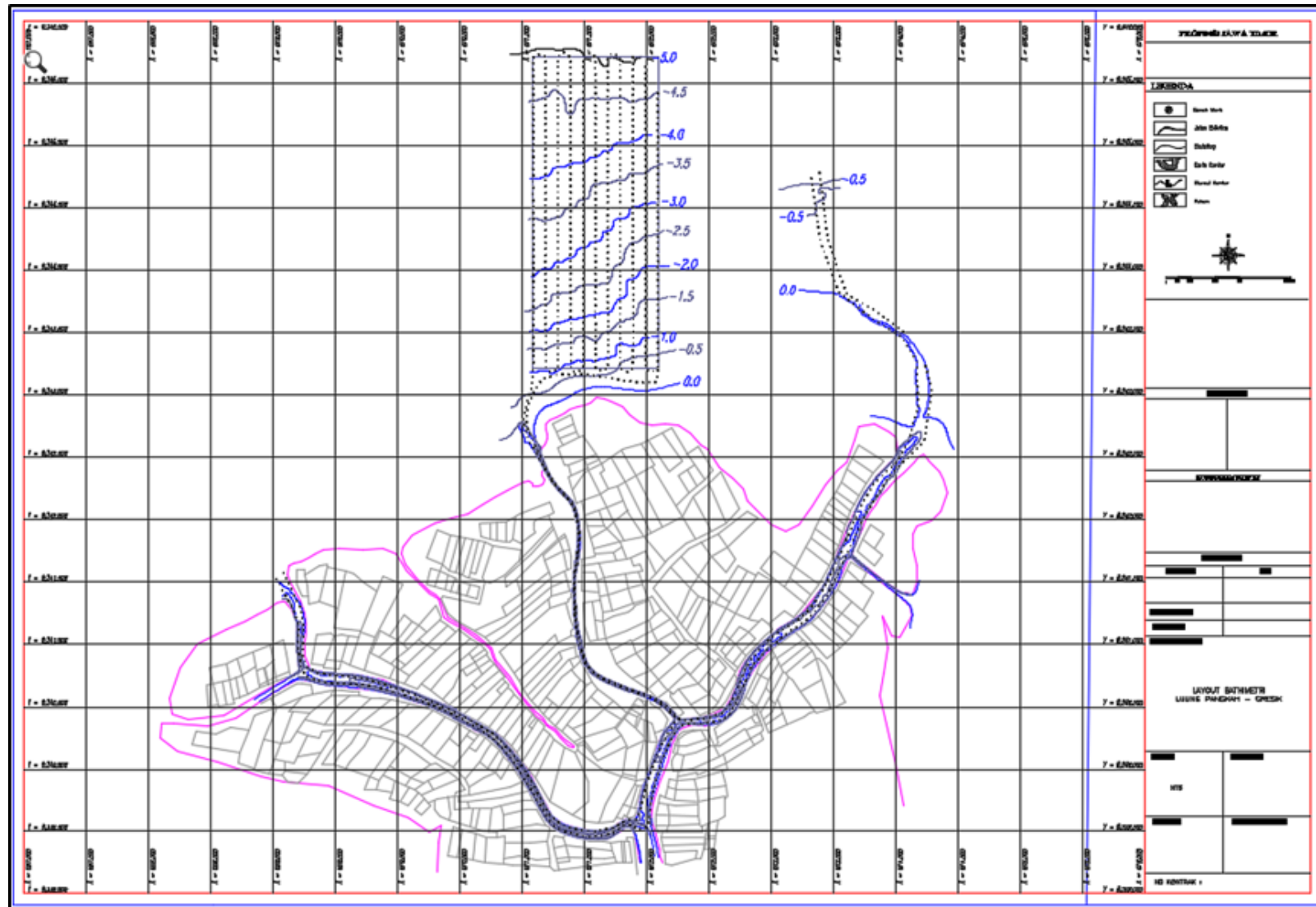
1. Lokasi Studi (Sumber : *Google Earth*, 2018)



2. Detail Lokasi Studi (Sumber : *Google Earth*, 2018)



3. Batimetri Ujung Pangkah (Sumber : BPPU ITS, 2017)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B
ELEVASI PENGUKURAN PASANG SURUT

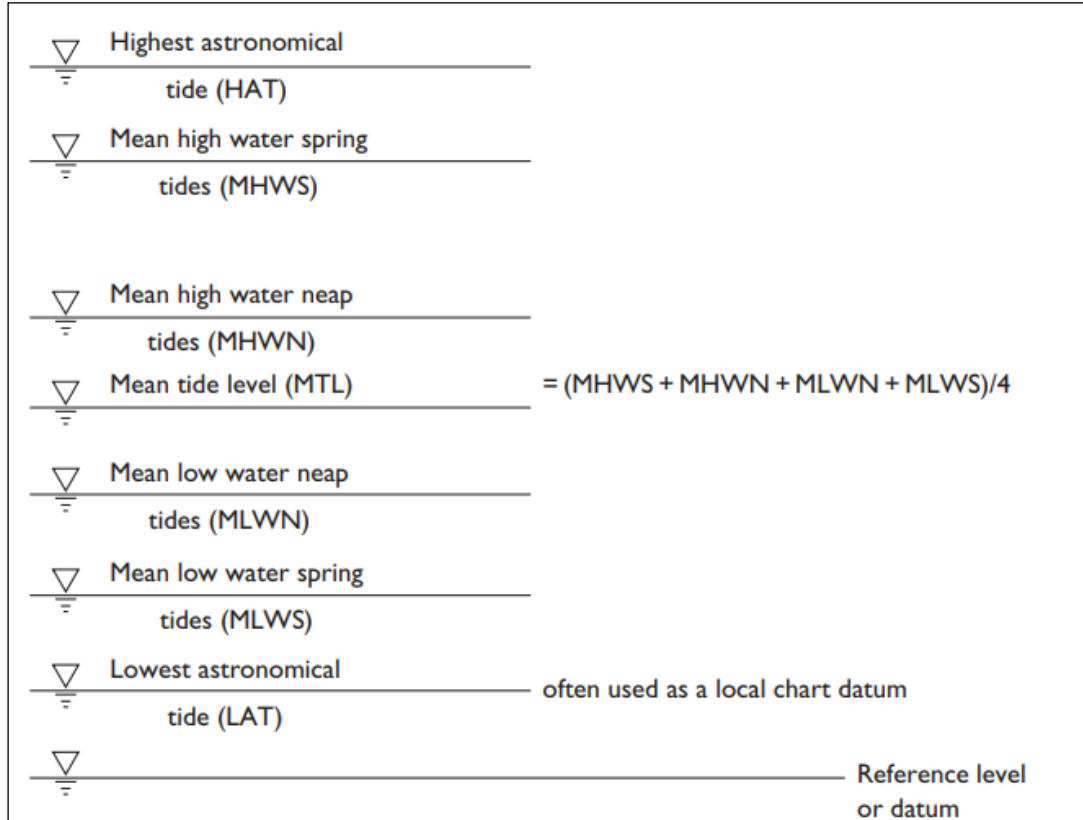
PENGUKURAN PASANG SURUT (per 1 Jam)

LOKASI : Ujung Pangkah, Gresik

	TANGGAL /JUNI 2017														
JAM	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
00:00	1.75	1.85	1.95	1.85	1.9	1.65	1.45	1.25	1.15	1.05	1.05	1.05	1.15	1.35	1.55
01:00	1.55	1.75	1.85	1.95	2	1.75	1.65	1.45	1.35	1.25	1.15	1.15	1.15	1.25	1.45
02:00	1.35	1.55	1.75	1.85	2	1.85	1.75	1.65	1.45	1.35	1.25	1.15	1.15	1.15	1.25
03:00	1.25	1.45	1.55	1.75	1.9	1.85	1.75	1.75	1.65	1.55	1.35	1.25	1.25	1.15	1.25
04:00	1.15	1.25	1.45	1.55	1.8	1.75	1.75	1.75	1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.25	1.25
05:00	1.15	1.25	1.35	1.45	1.7	1.65	1.65	1.75	1.75	1.75	1.65	1.65	1.55	1.45	1.35
06:00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.6	1.55	1.55	1.65	1.65	1.75	1.75	1.75	1.65	1.65	1.55
07:00	1.65	1.55	1.45	1.45	1.6	1.45	1.55	1.55	1.55	1.65	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
08:00	1.85	1.75	1.65	1.65	1.7	1.55	1.55	1.45	1.55	1.55	1.65	1.65	1.75	1.85	1.85
09:00	1.95	1.95	1.85	1.85	1.9	1.65	1.65	1.55	1.45	1.45	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85
10:00	1.95	1.95	1.95	1.95	2.1	1.85	1.75	1.65	1.55	1.45	1.35	1.45	1.45	1.65	1.75
11:00	1.75	1.85	1.95	1.95	1.36	1.95	1.85	1.75	1.55	1.45	1.35	1.25	1.25	1.35	1.55
12:00	1.55	1.65	1.75	1.85	2	1.85	1.85	1.75	1.65	1.45	1.25	1.15	1.15	1.15	1.25
13:00	1.25	1.35	1.45	1.55	1.8	1.75	1.75	1.75	1.65	1.45	1.25	1.05	0.95	0.95	0.95
14:00	0.85	0.95	1.15	1.25	1.6	1.55	1.65	1.65	1.55	1.45	1.25	1.05	0.85	0.75	0.75
15:00	0.65	0.65	0.75	0.95	1.3	1.25	1.45	1.55	1.55	1.45	1.25	1.05	0.85	0.65	0.55
16:00	0.45	0.45	0.45	0.65	0.9	0.95	1.15	1.35	1.45	1.45	1.35	1.15	0.95	0.65	0.45
17:00	0.45	0.35	0.25	0.35	0.6	0.65	0.95	1.15	1.35	1.45	1.45	1.35	1.15	0.85	0.55
18:00	0.55	0.35	0.25	0.25	0.5	0.45	0.65	0.95	1.15	1.35	1.45	1.45	1.35	1.15	0.85
19:00	0.95	0.65	0.45	0.35	0.4	0.35	0.55	0.75	0.95	1.25	1.45	1.55	1.55	1.45	1.25
20:00	1.25	1.05	0.75	0.55	0.6	0.45	0.45	0.65	0.85	1.05	1.35	1.55	1.65	1.65	1.55
21:00	1.55	1.35	1.15	0.95	0.9	0.65	0.55	0.65	0.75	0.95	1.25	1.45	1.65	1.75	1.75
22:00	1.75	1.65	1.55	1.25	1.2	0.95	0.85	0.75	0.85	0.95	1.15	1.35	1.55	1.75	1.85
23:00	1.85	1.85	1.75	1.55	1.5	1.25	1.05	0.95	0.95	0.95	1.05	1.25	1.45	1.65	1.85
jumlah :	31.800	31.800	31.800	32.100	34.860	32.600	32.800	33.100	33.100	33.100	32.800	32.500	32.200	32.000	32.000

Keterangan : Air Tertinggi : 210.00 cm
 Air Terendah : 25.00 cm
 MSL : 136.02 cm
 Fluktuasi Muka Air : 185.00 cm

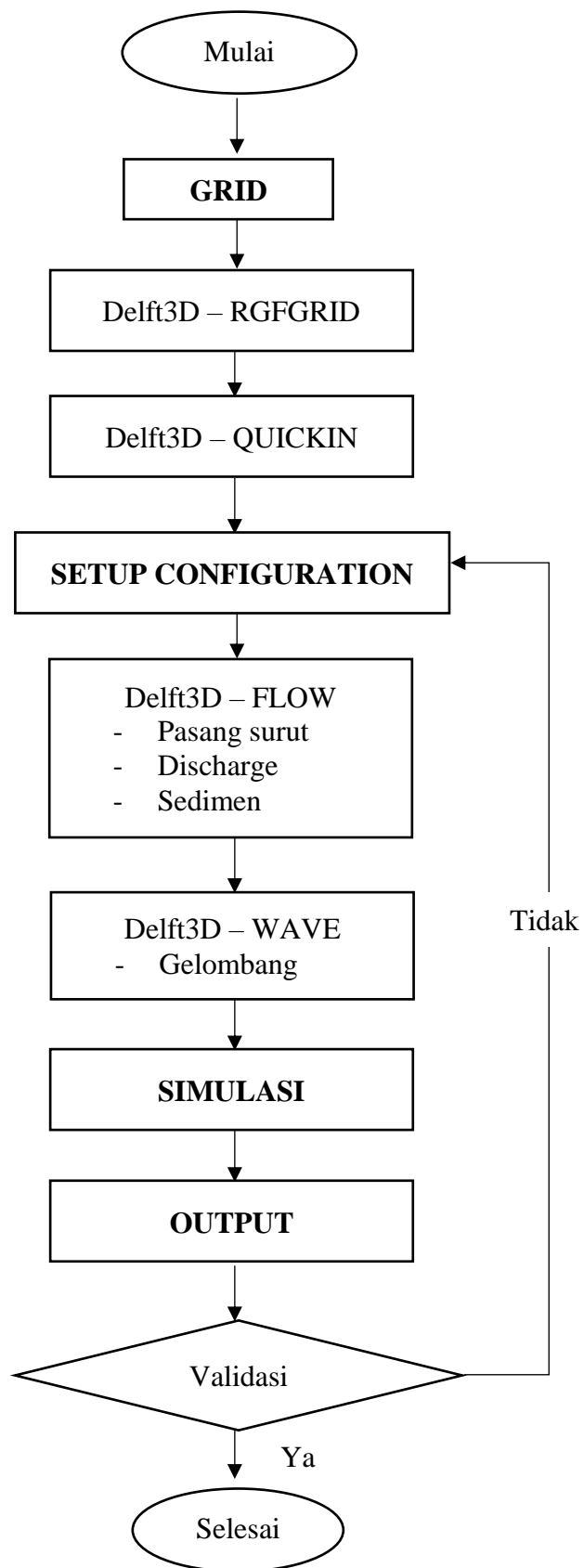
Di bawah ini merupakan gambar yang menunjukkan definisi level muka air standar pada saat pengukuran.



Design Water Level	Calculation	Elev. (m)	Elev. (m MSL)
HAT	$Z_0 + (\text{all constituents})$	2,79	1,40
HHWL	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$	2,71	1,40
HWS	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	2,55	1,20
MHWS	$Z_0 + (M_2 + S_2)$ or $Z_0 + (K_1 + O_1)$	1,96	0,60
MHWL	$Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$	2,33	1,00
MSL	Z_0	1,36	0,00
MLWL	$Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$	0,39	-1,00
MLWS	$Z_0 - (M_2 + S_2)$ or $Z_0 - (K_1 + O_1)$	0,76	-0,60
CDL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	0,17	-1,20
LLWL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$	0,01	-1,40
LAT	$Z_0 - (\text{all constituents})$	-0,07	-1,40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C
DIAGRAM ALIR PERMODELAN DELFT3D



LAMPIRAN D
PERHITUNGAN VALIDASI PASANG SURUT

Validasi Pasang Surut							
Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Pi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi	Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi
1	175,0	146,9	0,16	41	45,0	32,5	0,28
2	155,0	141,7	0,09	42	35,0	35,4	0,01
3	135,0	125,6	0,07	43	35,0	61,5	0,76
4	125,0	115,3	0,08	44	65,0	99,1	0,53
5	115,0	116,6	0,01	45	105,0	140,5	0,34
6	115,0	132,2	0,15	46	135,0	171,4	0,27
7	135,0	157,2	0,16	47	165,0	189,5	0,15
8	165,0	180,6	0,09	48	185,0	194,2	0,05
9	185,0	193,1	0,04	49	195,0	190,0	0,03
10	195,0	190,2	0,02	50	185,0	178,3	0,04
11	195,0	175,1	0,10	51	175,0	161,6	0,08
12	175,0	151,5	0,13	52	155,0	143,6	0,07
13	155,0	123,8	0,20	53	145,0	131,5	0,09
14	125,0	94,5	0,24	54	135,0	132,2	0,02
15	85,0	67,0	0,21	55	135,0	146,2	0,08
16	65,0	47,4	0,27	56	145,0	168,6	0,16
17	45,0	42,6	0,05	57	165,0	188,9	0,14
18	45,0	56,6	0,26	58	185,0	197,5	0,07
19	55,0	89,2	0,62	59	195,0	191,4	0,02
20	95,0	128,1	0,35	60	195,0	173,7	0,11
21	125,0	163,2	0,31	61	175,0	147,6	0,16
22	155,0	184,0	0,19	62	145,0	117,5	0,19
23	175,0	192,1	0,10	63	115,0	84,9	0,26
24	185,0	188,9	0,02	64	75,0	54,7	0,27
25	185,0	178,7	0,03	65	45,0	32,0	0,29
26	175,0	162,5	0,07	66	25,0	24,6	0,01
27	155,0	144,1	0,07	67	25,0	41,0	0,64
28	145,0	128,0	0,12	68	45,0	71,3	0,58
29	125,0	121,8	0,03	69	75,0	114,0	0,52
30	125,0	129,3	0,03	70	115,0	150,6	0,31
31	135,0	150,3	0,11	71	155,0	177,3	0,14
32	155,0	174,1	0,12	72	175,0	190,2	0,09
33	175,0	192,1	0,10	73	185,0	193,4	0,05
34	195,0	194,9	0,00	74	195,0	187,7	0,04
35	195,0	184,0	0,06	75	185,0	175,1	0,05
36	185,0	162,4	0,12	76	175,0	158,5	0,09
37	165,0	135,1	0,18	77	155,0	143,4	0,08
38	135,0	103,8	0,23	78	145,0	137,7	0,05
39	95,0	73,4	0,23	79	135,0	145,0	0,07
40	65,0	46,1	0,29	80	145,0	163,3	0,13

Validasi Pasang Surut							
Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi	Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi
81	165,0	184,1	0,12	121	165,0	177,7	0,08
82	185,0	196,8	0,06	122	175,0	185,2	0,06
83	195,0	196,3	0,01	123	185,0	185,2	0,00
84	195,0	183,1	0,06	124	185,0	177,8	0,04
85	185,0	160,6	0,13	125	175,0	165,2	0,06
86	155,0	132,2	0,15	126	165,0	153,3	0,07
87	125,0	100,4	0,20	127	155,0	148,9	0,04
88	95,0	68,3	0,28	128	145,0	155,3	0,07
89	65,0	40,6	0,37	129	155,0	170,7	0,10
90	35,0	22,8	0,35	130	165,0	185,6	0,13
91	25,0	28,1	0,12	131	185,0	194,7	0,05
92	35,0	48,7	0,39	132	195,0	191,1	0,02
93	55,0	87,5	0,59	133	185,0	178,7	0,03
94	95,0	125,5	0,32	134	175,0	158,7	0,09
95	125,0	158,6	0,27	135	155,0	134,6	0,13
96	155,0	178,3	0,15	136	125,0	105,6	0,16
97	190,0	188,9	0,01	137	95,0	76,8	0,19
98	200,0	189,5	0,05	138	65,0	49,4	0,24
99	200,0	183,3	0,08	139	45,0	34,6	0,23
100	190,0	170,0	0,11	140	35,0	34,4	0,02
101	180,0	155,5	0,14	141	45,0	55,1	0,22
102	170,0	145,0	0,15	142	65,0	83,0	0,28
103	160,0	146,4	0,09	143	95,0	116,4	0,23
104	160,0	158,9	0,01	144	125,0	142,0	0,14
105	170,0	178,0	0,05	145	145,0	162,4	0,12
106	190,0	192,9	0,02	146	165,0	174,2	0,06
107	210,0	197,7	0,06	147	175,0	181,3	0,04
108	210,0	189,2	0,10	148	175,0	179,6	0,03
109	200,0	171,8	0,14	149	175,0	172,1	0,02
110	180,0	146,4	0,19	150	165,0	160,2	0,03
111	160,0	117,9	0,26	151	155,0	152,5	0,02
112	130,0	85,3	0,34	152	155,0	152,3	0,02
113	90,0	56,6	0,37	153	155,0	163,1	0,05
114	60,0	32,8	0,45	154	165,0	176,1	0,07
115	50,0	26,0	0,48	155	175,0	187,0	0,07
116	40,0	38,1	0,05	156	185,0	187,7	0,01
117	60,0	67,5	0,13	157	185,0	180,4	0,02
118	90,0	102,7	0,14	158	175,0	165,9	0,05
119	120,0	137,0	0,14	159	165,0	147,7	0,11
120	150,0	161,7	0,08	160	145,0	124,7	0,14

Validasi Pasang Surut							
Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi	Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi
161	115,0	98,8	0,14	201	155,0	150,7	0,03
162	95,0	72,2	0,24	202	145,0	154,5	0,07
163	65,0	52,5	0,19	203	155,0	161,5	0,04
164	55,0	42,3	0,23	204	155,0	165,0	0,06
165	45,0	52,5	0,17	205	165,0	165,4	0,00
166	55,0	71,8	0,31	206	165,0	160,4	0,03
167	85,0	100,2	0,18	207	155,0	155,1	0,00
168	105,0	123,8	0,18	208	155,0	147,1	0,05
169	125,0	145,6	0,16	209	145,0	136,7	0,06
170	145,0	160,2	0,10	210	135,0	119,5	0,11
171	165,0	172,4	0,04	211	115,0	101,4	0,12
172	175,0	177,0	0,01	212	95,0	83,2	0,12
173	175,0	175,3	0,00	213	85,0	75,1	0,12
174	175,0	166,4	0,05	214	75,0	76,4	0,02
175	165,0	156,9	0,05	215	85,0	88,7	0,04
176	155,0	151,9	0,02	216	95,0	102,0	0,07
177	145,0	155,9	0,07	217	105,0	118,6	0,13
178	155,0	165,4	0,07	218	125,0	131,6	0,05
179	165,0	175,4	0,06	219	135,0	147,6	0,09
180	175,0	179,3	0,02	220	155,0	161,1	0,04
181	175,0	175,9	0,01	221	165,0	172,0	0,04
182	175,0	167,4	0,04	222	175,0	173,3	0,01
183	165,0	155,0	0,06	223	175,0	167,4	0,04
184	155,0	139,7	0,10	224	165,0	156,6	0,05
185	135,0	119,8	0,11	225	155,0	148,9	0,04
186	115,0	97,2	0,15	226	145,0	145,1	0,00
187	95,0	75,0	0,21	227	145,0	147,7	0,02
188	75,0	60,7	0,19	228	145,0	148,8	0,03
189	65,0	58,7	0,10	229	145,0	149,5	0,03
190	65,0	70,9	0,09	230	145,0	147,0	0,01
191	75,0	90,3	0,20	231	145,0	146,6	0,01
192	95,0	111,1	0,17	232	145,0	145,9	0,01
193	115,0	130,0	0,13	233	145,0	145,3	0,00
194	135,0	146,0	0,08	234	145,0	137,9	0,05
195	145,0	160,5	0,11	235	135,0	125,8	0,07
196	165,0	171,0	0,04	236	125,0	109,4	0,13
197	175,0	175,2	0,00	237	105,0	97,1	0,08
198	175,0	171,1	0,02	238	95,0	90,6	0,05
199	165,0	161,8	0,02	239	95,0	94,9	0,00
200	155,0	153,3	0,01	240	95,0	101,4	0,07

Validasi Pasang Surut							
Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi	Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi
241	105,0	112,2	0,07	281	115,0	130,6	0,14
242	115,0	121,4	0,06	282	135,0	144,5	0,07
243	125,0	135,8	0,09	283	145,0	155,1	0,07
244	135,0	150,2	0,11	284	155,0	153,9	0,01
245	155,0	166,3	0,07	285	155,0	146,6	0,05
246	165,0	174,0	0,05	286	145,0	135,4	0,07
247	175,0	173,1	0,01	287	135,0	127,4	0,06
248	175,0	163,1	0,07	288	125,0	120,9	0,03
249	165,0	151,6	0,08	289	115,0	118,4	0,03
250	145,0	141,3	0,03	290	115,0	116,4	0,01
251	135,0	136,8	0,01	291	115,0	121,1	0,05
252	135,0	132,9	0,02	292	125,0	130,7	0,05
253	125,0	131,3	0,05	293	135,0	149,7	0,11
254	125,0	128,4	0,03	294	155,0	167,8	0,08
255	125,0	130,3	0,04	295	165,0	180,9	0,10
256	125,0	134,6	0,08	296	175,0	180,2	0,03
257	135,0	143,5	0,06	297	175,0	169,3	0,03
258	145,0	147,1	0,01	298	165,0	151,4	0,08
259	145,0	145,0	0,00	299	145,0	133,3	0,08
260	145,0	134,2	0,07	300	125,0	115,7	0,07
261	135,0	122,4	0,09	301	115,0	102,0	0,11
262	125,0	111,6	0,11	302	95,0	89,8	0,05
263	115,0	108,5	0,06	303	85,0	85,9	0,01
264	105,0	107,7	0,03	304	85,0	89,7	0,06
265	105,0	112,2	0,07	305	95,0	108,1	0,14
266	115,0	115,8	0,01	306	115,0	129,9	0,13
267	115,0	126,4	0,10	307	135,0	152,9	0,13
268	125,0	139,5	0,12	308	155,0	164,4	0,06
269	145,0	158,7	0,09	309	165,0	165,8	0,00
270	165,0	172,0	0,04	310	165,0	158,3	0,04
271	175,0	178,0	0,02	311	155,0	148,9	0,04
272	175,0	171,3	0,02	312	145,0	138,7	0,04
273	165,0	158,9	0,04	313	135,0	130,7	0,03
274	155,0	143,4	0,07	314	125,0	122,7	0,02
275	145,0	131,4	0,09	315	115,0	120,6	0,05
276	125,0	120,9	0,03	316	115,0	125,2	0,09
277	115,0	114,0	0,01	317	125,0	140,9	0,13
278	105,0	107,9	0,03	318	145,0	161,6	0,11
279	105,0	108,7	0,04	319	165,0	180,6	0,09
280	105,0	114,9	0,09	320	175,0	187,7	0,07

Validasi Pasang Surut			
Jam Ke -	Pengamatan (cm) [Xi]	Permodelan (cm) [Fi]	(Pi - Fi) /Pi
321	185,0	181,5	0,02
322	175,0	164,7	0,06
323	165,0	142,2	0,14
324	135,0	119,1	0,12
325	115,0	97,5	0,15
326	95,0	78,7	0,17
327	75,0	66,7	0,11
328	65,0	65,5	0,01
329	65,0	80,4	0,24
330	85,0	105,1	0,24
331	115,0	137,6	0,20
332	145,0	161,8	0,12
333	165,0	175,9	0,07
334	175,0	175,7	0,00
335	175,0	169,5	0,03
336	165,0	158,3	0,04
337	155,0	147,0	0,05
338	145,0	134,0	0,08
339	125,0	125,4	0,00
340	125,0	123,0	0,02
341	125,0	133,9	0,07
342	135,0	152,5	0,13
343	155,0	176,3	0,14
344	175,0	191,3	0,09
345	185,0	192,6	0,04
346	185,0	179,3	0,03
347	175,0	156,9	0,10
348	155,0	129,7	0,16
349	125,0	102,5	0,18
350	95,0	76,7	0,19
351	75,0	56,0	0,25
352	55,0	45,5	0,17
353	45,0	52,3	0,16
354	55,0	75,3	0,37
355	85,0	111,4	0,31
356	125,0	146,1	0,17
357	155,0	173,8	0,12
358	175,0	184,9	0,06
359	185,0	185,2	0,00
360	185,0	176,5	0,05

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m \left| \frac{Pt - Ft}{Pt} \times 100\% \right|}{m}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^m |39,4 \times 100\%|}{360}$$

$$MAPE = 11\% \text{ (Nilai Akurasi Baik)}$$

LAMPIRAN E
FILE LAPORAN SIMULASI DELF3D

*** Deltares, FLOW2D3D Version 6.01.07.3574, Apr 2 2014,
11:35:11

*** built from :
<https://svn.oss.deltares.nl/repos/delft3d/trunk>

*** runid : 2016 wave

*** date,time : 2018-05-01, 11:46:16

*** MESSAGE Executable for 32-bits platform.

*** MESSAGE Double precision computation using reals of kind
8

*** MESSAGE Using UNESCO density formulation by default

*** MESSAGE Momentum solver cyclic method is specified

*** MESSAGE DRYFLP and DPSOPT both specified in MD-file. Using
DPSOPT: MAX

*** MESSAGE Transport solver cyclic-method method is specified
Sediment fraction 1: Sediment fine

*** Start of underlayer input

Underlayer mechanism	:	1
Boundary name	:	open
Composition condition prescribed	:	fixed
Boundary name	:	east 1
Composition condition prescribed	:	fixed
Boundary name	:	west 1
Composition condition prescribed	:	fixed

Boundary name	:	west
Composition condition prescribed	:	fixed
Boundary name	:	east
Composition condition prescribed	:	fixed
Boundary name	:	discharge
Composition condition prescribed	:	fixed
Initial bed composition	:	from sediment file

*** End of underlayer input

Determining transport formulation(s)

*** Start of sediment input

Ref concentration	:	0.1600E+04
Option Dss	:	0
Sand mud interaction with crit: -0.1000E+01		
Sediment number	:	1
Name	:	Sediment fine
Type	:	mud
RHOSOL	:	0.2650E+04
CDRYB	:	0.5000E+03
Uniform IniThick	:	0.5000E-01 [m]
FACDSS	:	0.1000E+01
Formula name	:	Partheniades-Krone
Transport formula used	:	-3
EroPar	:	0.1000E-03
TcrSed	:	0.1000E+04
TcrEro	:	0.5000E+00
TcrFluff	:	0.0000E+00
ParFluff0	:	0.0000E+00
ParFluff1	:	0.0000E+00
DepEff	:	0.0000E+00

SALMAX : 0.0000E+00
WS0 : 0.2500E-03
WSM : 0.2500E-03

*** End of sediment input

*** Start of morphological input

Morphological Timescale Factor : 0.4000E+01
Morphological Changes Start Time (min) : 0.7200E+03
Fixed Layer Erosion Threshold : 0.5000E-01
Bed level updating : ACTIVE
Composition updating : ACTIVE
Entrainment/deposition flux in mass bal.: INCLUDED
Sand Equili. conc. profs. at boundaries : USED
Mud Equili. conc. profs. at boundaries : NOT USED
Sediment included in fluid density calc.: NO
AKSFAC : 0.1000E+01
RWAVE : 0.2000E+01
Equilibrium sed. conc. profiles :calculated (D3D mix)
Suspended sed. multiplication factor : 0.1000E+01
Bed load transp. multiplication factor : 0.1000E+01
wave-rel. susp.sed.transp.fact.(SUSW) : 0.1000E+01
wave-rel. bed-ld.sed.transp.fact.(BEDW) : 0.1000E+01
Min.depth for sed. calculations(SEDTHR) : 0.1000E+00
Glob./max. dry cell erosion fact(THETSD): 0.0000E+00
Max depth for variable THETSD (HMAXTH) : 0.1500E+01
Computing THETSD for dry bank erosion
Tuning param. Shields Taucr (FACTCR) : 0.1000E+01
GLM velocities i.s.o Eulerian velocities for bed load transport
and reference conc: NO
EPSPAR: Always use Van Rijns param. mix. dist. : NO
Standard option: Rc from Flow, Rw=RWAVE*0.025 : 1
Update bed level at inflow boundaries : NO

Merge bottoms from parallel runs	:	NO
Source/sink limiter DZMAX(depth frac.)	:	0.5000E-01
Max. volumetric ref. conc. CAMAX	:	0.6500E+00
Hiding & exposure formulation	:	None
Bed slope effect formulation	:	Bagnold
ALFABS	:	0.1000E+01
ALFABN	:	0.1500E+01
Requested percentile(s)	:	10.0000
	:	50.0000
	:	90.0000
Output transport rates	:	volume excl. pores
Boundary name	:	open
Depth prescribed	:	fixed
Boundary name	:	east 1
Depth prescribed	:	fixed
Boundary name	:	west 1
Depth prescribed	:	fixed
Boundary name	:	west
Depth prescribed	:	fixed
Boundary name	:	east
Depth prescribed	:	fixed
Boundary name	:	discharge
Depth prescribed	:	fixed

*** End of morphological input

*** MESSAGE Morphological Changes Start Time (step) : 18000

*** WARNING Minimum layer thickness (0.1*Dryflc) is too large
for the vertical

grid layering. Decrease Dryflc to smaller than 0.0000 m,
to avoid problems with the vertical layering.

*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-08 00:00:01.2000

*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-08 06:00:01.2000

*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-08 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-08 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-09 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-09 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-09 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-09 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-10 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-10 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-10 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-10 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-11 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-11 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-11 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-11 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-12 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-12 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-12 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-12 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-13 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-13 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-13 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-13 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-14 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-14 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-14 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-14 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-15 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-15 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-15 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-15 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-16 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-16 06:00:01.2000

*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-16 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-16 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-17 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-17 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-17 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-17 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-18 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-18 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-18 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-18 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-19 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-19 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-19 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-19 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-20 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-20 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-20 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-20 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-21 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-21 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-21 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-21 18:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-22 00:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-22 06:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-22 12:00:01.2000
*** MESSAGE Nodal factors updated at 2017-06-22 18:00:01.2000

*** Simulation finished

Performance timers:

|-----|

Timer name	wall clock		CPU time	
	-----		-----	
	sec	%	sec	%

Initialization	1.04	0.0	0.41	0.0
Simulation	169624.36	100.0	145330.84	100.0
Close and stop	66.86	0.0	0.05	0.0
	-----	+ -----	+ -----	+ -----
Total	169692.28	100.0	145331.30	100.0

Momentum eq.	23392.03	13.8	23384.94	16.1
Continuity eq.	15896.67	9.4	15887.97	10.9
Transport eq.	11607.01	6.8	11582.44	8.0
Turbulence	520.97	0.3	516.27	0.4
3D Morphology	34699.71	20.4	34718.64	23.9
Wait(ddmodule)	0.00	0.0	0.00	0.0
Wait(ext.modules	24302.81	14.3	2.86	0.0

Performance = CPU time / (TimeSteps*MMAX*NMAX*KMAX*LMAX)				
TimeSteps	:540000			
MMAX	:290			
NMAX	:327			
KMAX	:1			
LMAX	:1			
Performance	:0.28380E-05 [sec]			

Explanation:				
Initialization : Everything up to the first time step				
Simulation : All time steps				
Close and stop : Everything after the last time step				

Total	: FLOW for this subdomain,	
	excluding allocation/deallocation of global	
	data	
Momentum eq.	: Part of Simulation ("UZD")	
Continuity eq.	: Part of Simulation ("SUD"	
Transport eq.	: Part of Simulation ("DIFU")	
	Only relevant when constituents are modelled.	
Turbulence	: Part of Simulation ("TURCLO, TRATUR, TUR2D")	
3D Morphology	: Part of Simulation ("EROSSED, BOTT3D"	
	Only relevant when sediments are modelled.	
Wait (dd)	: Part of Initialization, Simulation and	
	Closing.	
	("NXTSTP, NXTDRY")	
	Only relevant when DomainDecomposition is	
	used.	
	Communication with and execution of the	
	"mappers".	
	Mappers are separate threads, possibly in	
	another	
	executable, possibly on another node. They	
	copy	
	data from one subdomain to another.	
	FLOWs must wait while the mappers are	
	executing,	
	mappers must wait while the FLOWs are	
	executing.	
Wait (ext)	: Part of Initialization, Simulation and	
	Closing.	
	("SYNC, _TO_, _FROM_")	
	Communication with and execution of all	
	"external"	

```
|          modules:          |
|      Online WAVES, Online WAQ, Online RTC, Fluid |
|      Mud.                  |
|                              |
|-----|
```

*** FINISHED Delft3D-FLOW

*** runid : 2016 wave

*** date, time : 2018-05-03, 10:54:28

BIODATA PENULIS

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Fara Nihayatul Husna adalah anak terakhir dari 5 bersaudara dari pasangan Ahmad Shofwan dan Badi'atul Ma'rifah. Penulis lahir pada tanggal 22 Mei 1996 di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Penulis menempuh pendidikan pertama di RA Miftahul Falah Jepat Lor, lulus pada 2002. Kemudian melanjutkan ke MI Miftahul Falah Jepat Lor dan lulus tahun 2008. Pada tahun 2011, penulis lulus dari MTs Salafiyah Kajen dan melanjutkan ke MA Salafiyah Kajen dengan jurusan IPA sehingga lulus tahun 2014. Setelah itu penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama masa perkuliahannya, penulis aktif dalam berbagai organisasi di antaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA), Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan (BEM-FTK), dan UKM Penalaran ITS. Selain kegiatan organisasi, penulis juga aktif mengikuti seminar dan kepanitiaan di jurusan, fakultas, institut maupun di luar kampus. Penulis juga pernah melakukan Kerja Praktik selama 2 bulan di General Electric Power Solutions Surabaya. Untuk menyelesaikan program S-1, penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di bidang teknik manajemen pantai dengan judul "Permodelan Sedimen Transpor dan Morfologi Perairan Ujung Pangkah" sehingga penulis dinyatakan lulus pada tahun 2018.

Kontak Penulis : faranihayatulhusna@gmail.com